

- МАШИНОСТРОЕНИЕ
- ТРАНСПОРТ
- ГОРНАЯ
- ПРОМЫШЛЕННОСТЬ
- МЕТАЛЛУРГИЯ
- ХИМИЧЕСКАЯ
- ПРОМЫШЛЕННОСТЬ
- НЕФТЯНАЯ И ГАЗОВАЯ
- ПРОМЫШЛЕННОСТЬ
- ЭНЕРГЕТИКА
- РАДИОЭЛЕКТРОНИКА
- АВТОМАТИКА
- И ТЕЛЕМЕХАНИКА
- СВЯЗЬ
- ЭЛЕКТРОТЕХНИКА
- ЛЕГКАЯ
- ПРОМЫШЛЕННОСТЬ
- ПИЩЕВАЯ
- ПРОМЫШЛЕННОСТЬ
- ТОРГОВЛЯ
- БЫТОВОЕ
- ОБСЛУЖИВАНИЕ
- ОБЩЕСТВЕННОЕ
- ПИТАНИЕ

БИБЛИОТЕКА

РАБОЧЕГО



Г.М.СТИСКИН
В.Д.ГАЕВСКИЙ

ТОКАРНЫЕ СТАНКИ С ОПЕРАТИВНЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

ББК 34.632
С80
УДК 621.941

Библиотека рабочего основана в 1980 г
Рецензент: канд. техн. наук *В. Н. Торлин*
Редакция литературы по машиностроению и транспорту
Зав. редакцией *П. Ф. Боброва*

Стискин Г. М., Гаевский В. Д.
С80 Токарные станки с оперативным программным управлением. — К. : Техника, 1989 — 176 с.
ISBN 5-335-00221-2

Описано устройство и принцип действия наиболее распространенных токарных станков с оперативным программным управлением. Даны рекомендации по их наладке и эксплуатации. Освещена методика программирования различных токарных операций. Рассмотрена последовательность поиска и исправления ошибок программирования.

Рассчитана на наладчиков и операторов станков с оперативным программным управлением, может быть полезна учащимся техникумов и профессионально-технических училищ соответствующего профиля.

С 2704040000-138
М202(04)-89 100.89

ББК 34.632

ISBN 5-335-00221-2

© Издательство «Техника», 1989

ПРЕДИСЛОВИЕ

Для ускорения научно-технического прогресса в машиностроении наряду с другими мерами предусматривается широкое внедрение гибких производственных систем (ГПС), роботизированных технологических комплексов (РТК) и многооперационных станков с числовым программным управлением (ЧПУ).

В последние годы в машиностроении получили распространение станки с оперативным программным управлением (ОПУ), для которых управляющая программа может задаваться непосредственно клавиатурой пульта управления. В отличие от станков с ЧПУ, управляемых от программоносителя — перфорированной ленты, подготовка которой требует специального персонала технологов-программистов и операторов перфорирующих устройств, разработка управляющих программ для станков с ОПУ может осуществляться наладчиком или оператором. Применение станков с ОПУ, обеспечивающих автоматическую обработку резанием деталей любой, самой сложной формы, позволяет осуществить комплексную автоматизацию производства.

Настоящая книга призвана восполнить пробел в литературе по программированию, наладке и эксплуатации универсальных токарных станков с ОПУ.

В книге описаны способы программирования, наладки и приемы работы для наиболее распространенных моделей токарных станков 16К20Т1.02 с устройством ОПУ «Электроника НЦ-31» (3-я версия) и гаммы станков 16К20Ф3 с устройством ОПУ 2Р22 с конкретными примерами программирования обработки типовых деталей. Предполагается, что читатель знаком с основами токарного дела, инструментальными материалами, заточкой инструментов, допусками и техническими измерениями. Лица, освоившие программирование, наладку и приемы работы для станков с устройствами ОПУ НЦ-31 и 2Р22, при необходимости могут легко освоить аналогичные действия для токарных станков с другими устройствами оперативного управления.

Отзывы и пожелания просим направлять по адресу: 252601 Киев, 1, ул. Крестьян, 5. Издательство «Тэхніка».

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТОКАРНЫХ СТАНКАХ С УСТРОЙСТВАМИ ОПЕРАТИВНОГО ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ

1

● Глава

1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О РАБОТЕ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ С ОПУ

Для токарных станков с числовым программным управлением (ЧПУ) характерно контурное (непрерывное) управление, при котором для получения необходимого контура обработки рабочие органы станка перемещаются по заданной траектории и с заданной скоростью.

Специальные электронные устройства-интерполяторы преобразуют кодовые команды от программноносителя в соответствующие движения рабочих органов. К таким устройствам относятся и устройства ОПУ НЦ-31 и 2Р22.

Принцип работы станков с ОПУ можно показать на примере токарных станков 16К20Т102 и 16К20ФЗ, оснащенных контурными системами числового программного управления и имеющих регулируемый привод. Регулируемые приводы главного движения и подачи выполнены по схеме «тиристорный преобразователь — двигатель постоянного тока». Широкий диапазон регулирования частоты вращения привода позволяет полностью обеспечить не только рабочие движения, связанные с технологическим процессом обработки, но также быстрые установочные перемещения без применения промежуточных механических передач. Принципиальная схема управления перемещением резца по одной из координат приведена на рис. 1.

Программа обработки детали, записанная технолог-программистом или оператором в виде символов, определенных математическим обеспечением системы, вводится в оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) с клавиатуры пульта управления или с магнитной ленты, устанавливаемой в кассетный накопитель (или перфоленты, устанавливаемой в фотосчитывающее устройство) в виде электрических сигналов.

Устройство ОПУ вырабатывает сигнал напряжения, пропорциональный заданной программой скорости перемещения, и подает его на вход тиристорного преобразователя. Преобразователь передает напряжение на якорь двигателя постоянного тока, который начинает вращать-

ся, передавая вращения ходовому винту и перемещая суппорт. Обратная связь по скорости снимается тахогенератором и служит для поддержания постоянства заданной скорости. Датчики положений (ДП) дают сигналы на вход измерительной системы устройства ОПУ и сообщают им реальные координаты рабочего органа (РО).

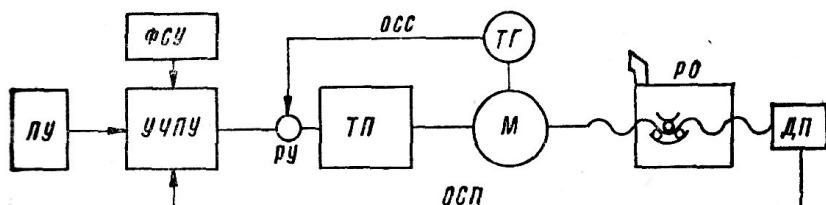


Рис. 1. Принципиальная схема управления перемещением резца на станке с ОСУ:

ТП — тиристорный преобразователь; ФСУ — фотосчитывающее устройство; М — электродвигатель; ОСС — обратная связь по скорости; ОСП — обратная связь по положению; ПУ — пульт управления; ТГ — тахогенератор; РО — рабочий орган; ДП — датчик положений; РУ — регулирующее устройство.

По достижении РО заданной координаты сигнал задания скорости снимается, и двигатель останавливается.

Для токарных станков с ОПУ приняты две оси координат. Ось Z совпадает с осью шпинделя, т. е. с направ-

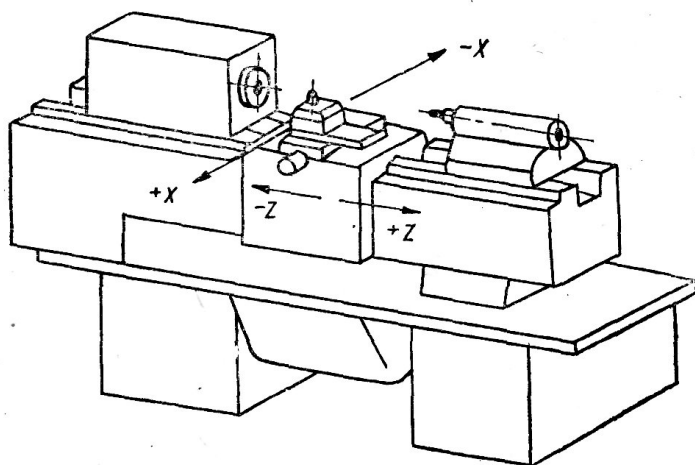


Рис. 2. Оси координат токарного станка с ОСУ.

лением продольной подачи суппорта, ось X перпендикулярна к оси Z. Она находится в горизонтальной плоскости и совпадает с направлением поперечной подачи суппорта (рис. 2). Направления по оси Z к задней бабке со знаком «+», к передней бабке — со знаком «-», по оси X от детали со знаком «+», к детали — со знаком «-».

2. ПРЕИМУЩЕСТВА ОПЕРАТИВНОГО ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ

При работе на токарных станках с оперативным программным управлением управляющие программы (УП) вводят в электронную память ЭВМ при помощи клавиатуры, расположенной на специальном пульте. Оперативная система управления станком обеспечивает контроль программы с помощью табло цифровой индикации или блока отображения символьной информации (БОСИ), а также хранение программ в оперативной памяти и возможность переноса программ из кассеты внешней памяти.

Исходные данные для обработки деталей оформляются в виде таблицы или рукописи технологом или оператором-программистом. В случае необходимости редактирования программ УП после обработки детали исходные данные изменяются при помощи клавиатуры пульта.

Достоинствами устройства ОПУ являются его компактность, отсутствие носителя программ на перфоленте и возможность сочетания преимуществ универсальных токарных станков со станками с ЧПУ.

В результате применения токарных станков с ОПУ сокращаются сроки подготовки производства (длительный и дорогой процесс проектирования и изготовления оснастки для сложных операций заменяется процессом подготовки и ввода числовой управляющей программы), автоматизируется управление циклом обработки, появляется возможность многостаночного обслуживания, уменьшается производственный цикл, увеличивается доля машинного времени в основном технологическом времени, повышается точность обработки вследствие сокращения числа переустановок и применения устройств для отсчета перемещений, увеличивается стабильность точности обработки деталей, сокращается время на промеры и подналадку инструмента, проведение контрольных операций, сводятся к минимуму ошибки оператора, уменьшаются производственные площади.

Широкое внедрение станков с ОПУ способствует улучшению организации и условий труда, повышению культуры производства в механических цехах.

3. ТОКАРНЫЕ СТАНКИ С ОПУ 16К20Т1.02 И ГАММЫ 16К20Ф3 (16К20Ф3С32, 16К20РФ3С32)

Токарные станки 16К20Т1.02 и гаммы 16К20Ф3 предназначены для токарной обработки в замкнутом полуавтоматическом цикле деталей типа тел вращения со ступенчатым и криволинейным профилем (валов, осей, ступиц, фланцев, станин, крышек, шкивов, зубчатых колес

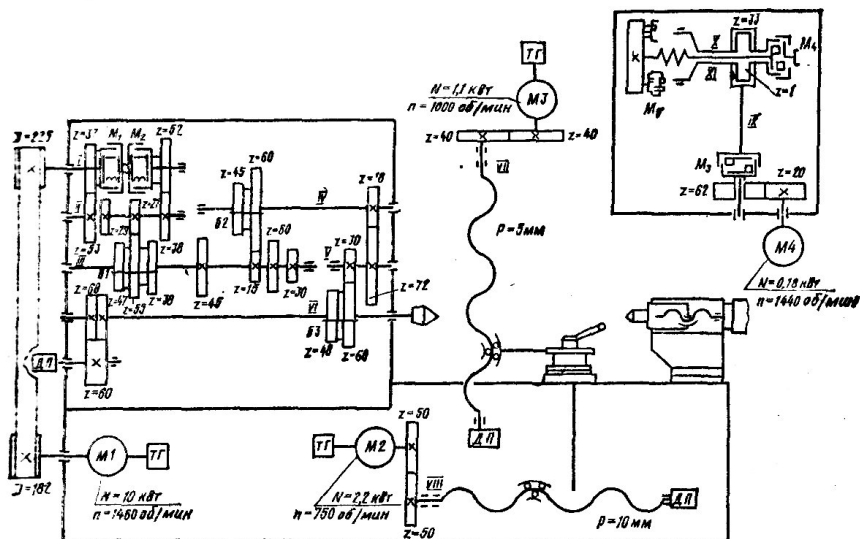


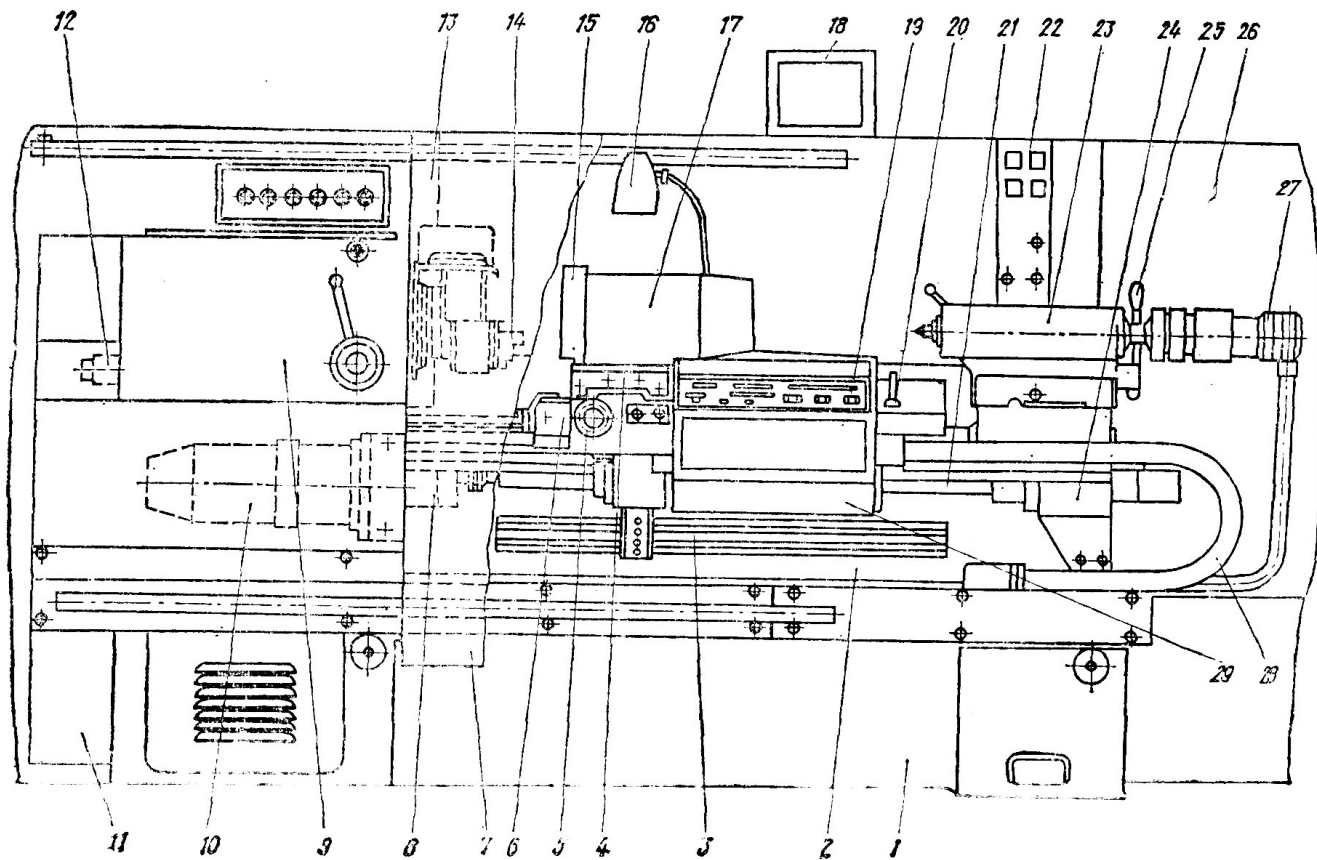
Рис. 3. Кинематическая схема станков 16К20Т1.02 и 16К20Ф3С32; ТГ — тахогенераторы; ДП — датчики положения.

и т. д.). На них выполняют наружное и внутреннее точение, сверление, зенкерование, развертывание, цекование, нарезание наружных резьб резцами и плашками, а также внутренних резьб резцами и метчиками.

Станок 16К20Т1.02 оснащен устройством ОПУ «Электроника НЦ-31» с вводом программы обработки заготовки с клавиатуры или кассеты внешней памяти. Программа визуализируется на лампах цифровой индикации.

Станки гаммы 16К20Ф3 оснащены устройством ОПУ 2Р22 с вводом программы с клавиатуры, магнитной кассеты или при подключении внешнего фотосчитывающего устройства (ФСУ) с перфоленты. Программа отображается на буквенно-цифровом экране блока отражения символической информации (БОСИ).

Кинематическая схема станка 16К20Т1.02 представлена на рис. 3, его техническая характеристика (рис. 4) приведена ниже:



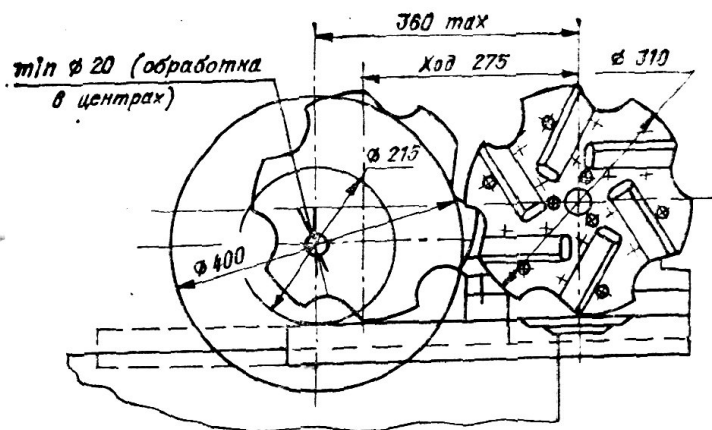
Наибольший диаметр устанавливаемого изделия над станиной, мм	500
Наибольший диаметр обрабатываемого изделия над суппортом, мм	220
Высота резца, устанавливаемого в резцедержателе, мм	25
Количество управляемых координат	2
Наибольшая длина устанавливаемого изделия, мм	1000
Наибольшая длина обработки, мм	905
Количество ступеней частот вращения шпинделя	22
Пределы частот вращения, об/мин	22,4—2240
Диапазон подач, мм/об	
продольных	0,01—2,8
поперечных	0,005—1,4
Максимальная скорость рабочей подачи, мм/мин (мм/об)	
продольной	2000 (2,8)
поперечной	1000 (1,4)
Скорость быстрых ходов, не менее, мм/мин	
продольных	7500
поперечных	5000
Пределы шагов нарезаемых резьб, мм	0,01—40,95
Дискретность, мм	
продольная (по Z)	0,01
поперечная (по X)	0,005
Число позиций поворотного резцедержателя	6
Мощность электродвигателя, кВт	11
Габаритные размеры станка, мм	3960×1700×1700
Масса станка (без УЧПУ), кг	3800

Основание токарного станка с УПУ ОСУ представляет собой монолитную отливку прямоугольной формы. На основание устанавливают станину, электродвигатель главного движения, смазочную станцию, насос подачи СОЖ. Внутри основания расположен резервуар для СОЖ.

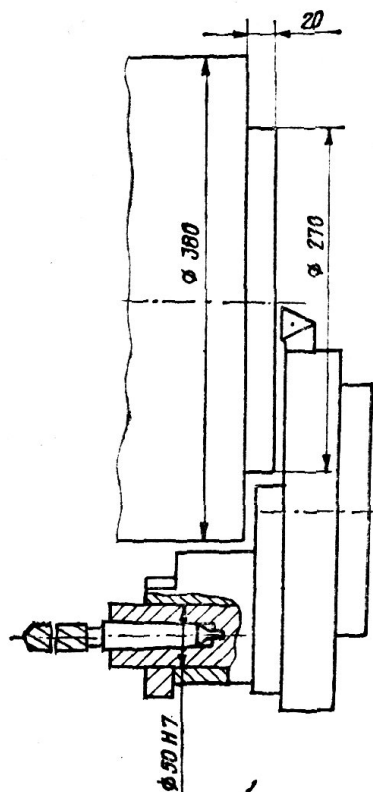
Станина выполнена с калеными шлифованными направляющими. На ней размещают шпиндельную бабку,

Рис. 4. Станок 16К20Ф3С32:

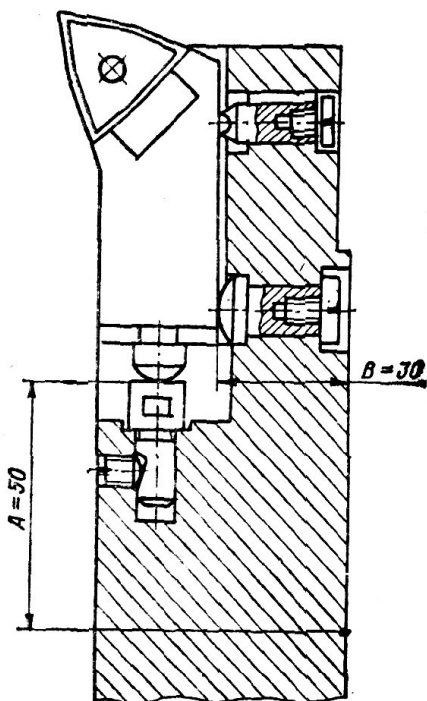
1 — основание; 2 — станина; 3 — линейка для продольного перемещения; 4 — поперечный суппорт; 5 — маховичок ручного управления; 6 — кассета памяти; 7 — подвижное ограждение; 8 — левая опора винта продольного перемещения; 9 — шпиндельная бабка; 10 — привод продольного перемещения; 11 — неподвижное ограждение; 12 — датчик резбонарезания; 13 — щиток патрона; 14 — механизированный патрон с электромеханическим приводом; 15 — резцедержатель; 16 — лампочка местного освещения; 17 — инструментальная головка; 18 — БОСИ; 19 — пульт управления; 20 — mnemonicкая рукоятка ручного управления; 21 — винт продольного перемещения; 22 — пульт; 23 — задняя бабка; 24 — правая опора винта продольного перемещения; 25 — рукоятка пневмоопоры задней бабки; 26 — электрооборудование; 27 — электромеханический привод задней бабки; 28 — разводка коммуникаций по станку; 29 — каретка.



а



б



в

Рис. 5. Схемы расположения резедержателя инструментальной головки станков 16К20Т1.01 и 16К20ФЗС32 (а) и установки в ней блока для стержневых инструментов (б) и резцовой вставки (в).

каретку продольной подачи, заднюю бабку. Привод главного движения представляет собой частотно-регулируемый электродвигатель либо двигатель постоянного тока с бесступенчатым регулированием частоты вращения. В шпиндельной бабке расположена трехскоростная коробка скоростей. Диапазоны частот вращения шпинделя приведены в табл. 1.

1. Диапазоны частот вращения шпинделя

Положение рукоятки на шпиндельной бабке	Номер переключаемого диапазона	Пределы частот вращения в каждом диапазоне
	I	22,4—355
	II	63—900
	III	160—2240

Подача суппорта осуществляется от асинхронных двигателей с частотным ре-

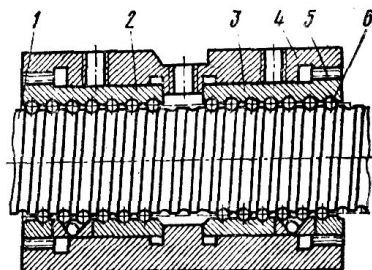


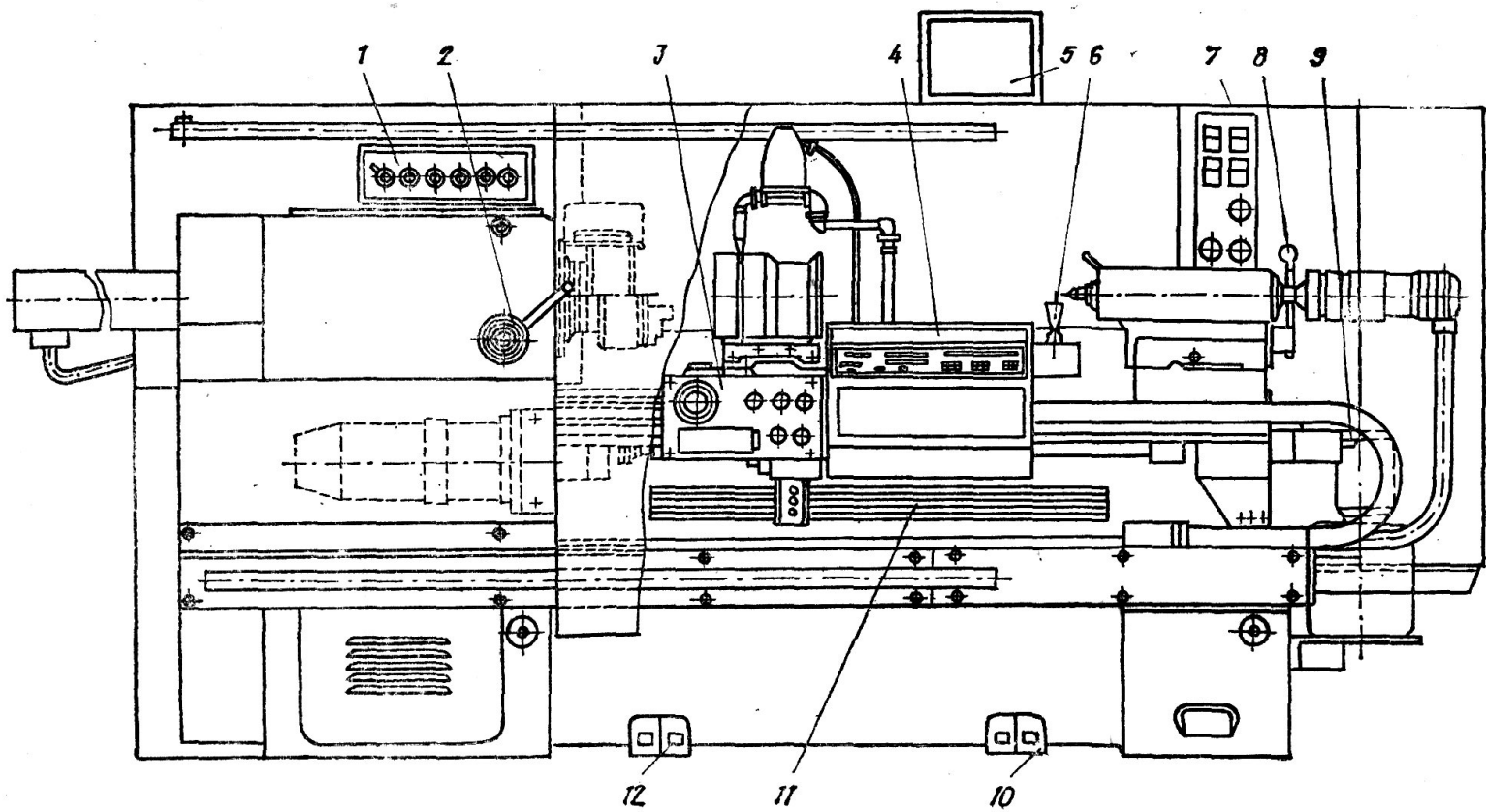
Рис. 6. Шариковая передача винт — гайка для продольной подачи суппорта:

1 — винт; 2, 3 — левая и правая полугайка; 4 — корпус гайки; 5 — зубчатый венец полугайки для регулирования зазора; 6 — шарик.

гулированием или от электродвигателя постоянного тока.

На поперечном суппорте закрепляется поворотная шестипозиционная инструментальная головка с горизонтальной осью вращения. В резцедержателе инструментальной головки закрепляют шесть резцов или три инструментальных блока для стержневых инструментов (рис. 5). В отдельных случаях при необходимости расширения технологических возможностей станка резцедержатель заменяется на заводах резцедержателями других конструкций.

Высокой точности станка способствует специальная конструкция ходовых винтов продольной и поперечной подач и связанных с ними гаек (рис. 6). В корпусе гайки по полукруглым спиральным дорожкам перекатываются точные закаленные шарики, сопряженные с полукруглым профилем резьбы винта. Гайка состоит из двух полугаек 2 и 3. Люфт выбирается посредством поворота одной из полугаек.



Станок оснащен трехкулачковым патроном с электро-механическим приводом зажима детали.

Станок 16К20РФ3С32 отличается от станка 16К20Ф3С32 тем, что не имеет задней бабки, а инструментальная головка оснащена десятипозиционным поворотным резцедержателем.

4. ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ СТАНКАМИ 16К20Т1.02 И 16К20Ф3

На рис. 7 показано общее расположение органов управления станками 16К20Т1.02 и гаммы 16К20Ф3. На рис. 8—11 изображены органы управления для всех пультов станка, а их назначение приведено в табл. 2. В последних модификациях станков 16К20Ф3 для работы в ручном режиме на пульте ручного управления находятся не один, а два маховичка (штурвала). Связь между направлением вращения штурвалов и движениями каретки и суппорта показана на рис. 12. Крестовый переключатель ручных перемещений приведен на рис. 13.

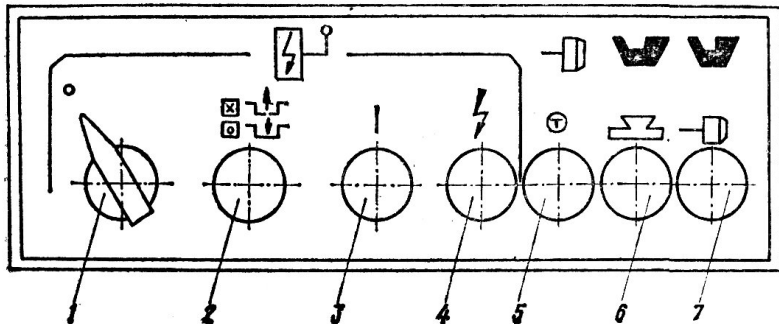
Станки имеют продольную и поперечную линейки для ограничительных кулачков (рис. 14, 15). На каждой линейке предусмотрено два паза для установки кулачков аварийного отключения станка.

Кулачки воздействуют на блоки путевых электро-переключателей, закрепленные на каретке станка. По команде кулачком подача, заданная по ошибке, отклю-

Рис. 7. Органы управления станком 16К20 с ОПУ:

1 — панель управления; 2 — рукоятка установки диапазона частоты вращения шпинделя; 3 — панель управления, расположенная на каретке; 4 — пульт управления; 5 — БОСИ; 6 — мнемоническая рукоятка ручного управления (для станка 16К20Ф3); 7 — панель управления приводами; 8 — рукоятка пневмопривода задней бабки; 9 — выход «под ключ» валика привода ручного перемещения каретки; 10 — педаль управления перемещением пиноли; 11 — линейка для упоров продольного перемещения; 12 — педаль управления патроном.

Рис. 8. Панель управления станком 16К20 (поз. 1, рис. 7).



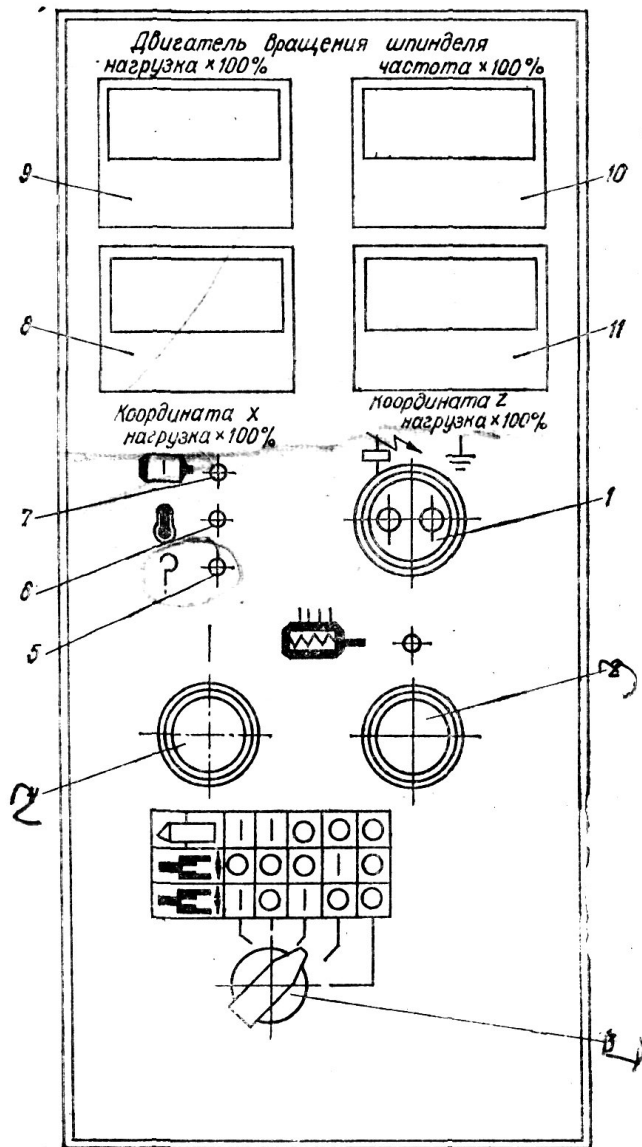


Рис. 9. Панель управления приводами станка 16K20 (поз. 7, рис. 7).

чается в соответствующем направлении. При этом система программного управления сохраняется в памяти станка. По команде кулачком аварийного выключения станка электросхема полностью выключается.

На тех же линейках установлены кулачки подачи команды на предварительное замедление скорости перемещения при выходе каретки и суппорта в нулевую зону.

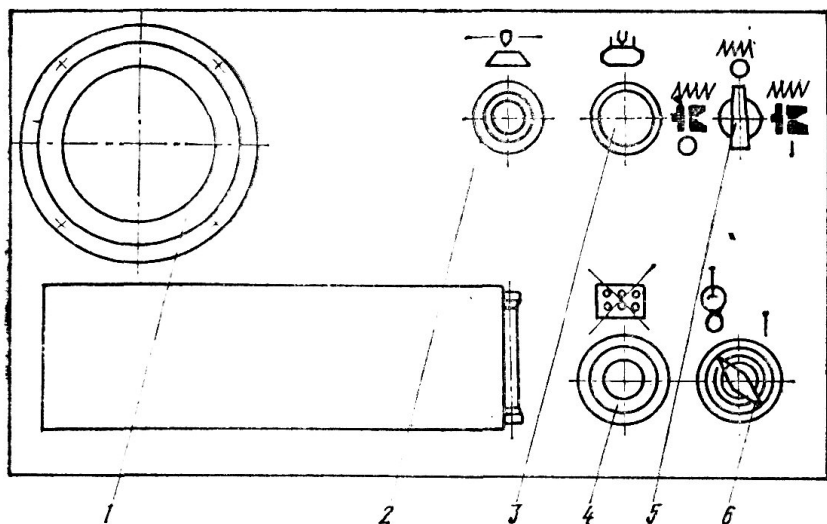


Рис. 10. Панель на каретке станка 16К20Т1.02. (поз. 4, рис. 7).

Рис. 11. Панель управления на каретке станка 16К20Ф3С32 (поз. 5, рис. 7).

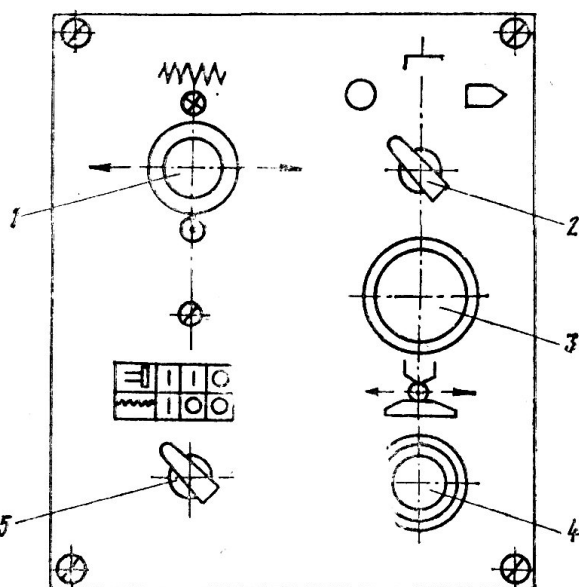
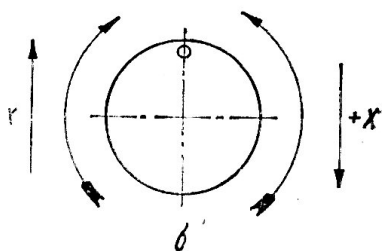
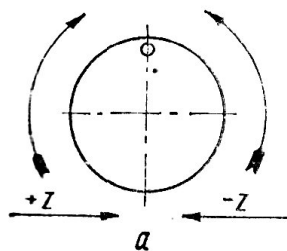


Рис. 12. Связь между направлением вращения штурвалов с движениями каретки и суппорта:

а — по оси Z; б — по оси X.



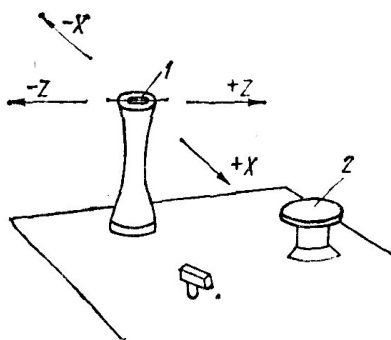
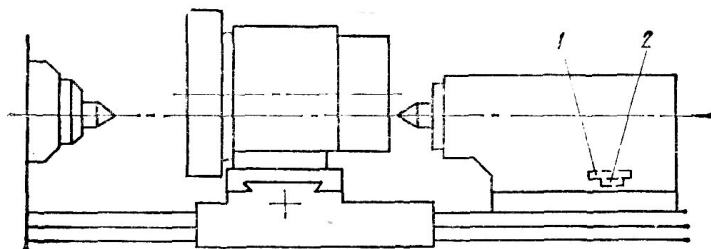


Рис. 13. Схема крестового переключателя для наладочных перемещений:

1 — кнопка быстрого хода;
2 — кнопка аварийного отключения.

Рис. 14. Схема расположения на станках 16К20ФЗС32 (а), 16К20РФЗС32 (б) и 16К20Т1.02 (в) пазов линейки продольного перемещения кулачков:

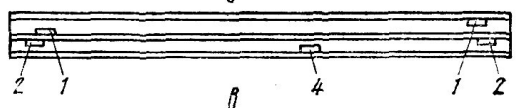
1 — аварийного отключения;
2, 4 — отключения подачи при ходе суппорта к оси шпинделя и от нее; 3 — выхода в нулевую зону.



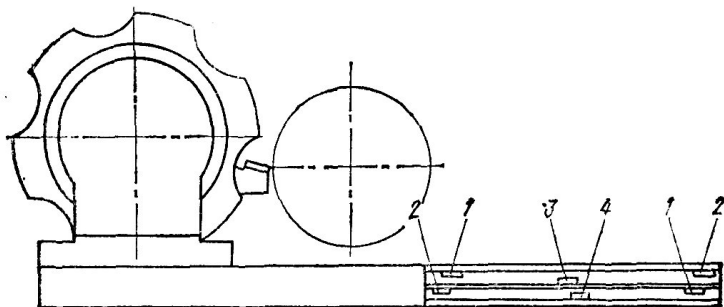
а



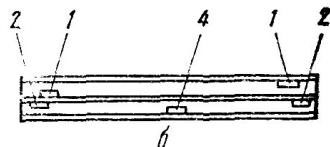
б



в



а



б

Рис. 15. Схема расположения на станках 16К20ФЗС32, 16К20РФЗС32 (а) и 16К20Т1.02 (б) в пазах линейки поперечного перемещения кулачков:

1 — аварийного останова; 2, 4 — отключения подачи при ходе суппорта к оси и от оси шпинделя; 3 — выхода в нулевую зону.

2. Назначение органов управления пультов станков 16K20T1.02 и 16K20Ф3

Номер позиции	Органы управления	Назначение
<i>Панель управления станками 16K20T1.02 и 16K20Ф3 (рис. 8)</i>		
1	Рукоятка вводного автомата	Включение и отключение электрооборудования станка
2	Валик выключателя вводного автомата	Механическая блокировка (при вытягивании валика на себя блокируется, при нажатии валика разблокируется)
3	Кнопка подачи напряжения	Подача напряжения на электроавтоматику станка
4	Лампа контроля наличия напряжения	Сигнализация о включении станка
5	Кнопка толчка шпинделя	Вращение шпинделя (до прекращения нажатия на кнопку)
6	Кнопка смазки направляющих станины	Автоматическая смазка направляющих каретки
7	Лампа контроля смазки шпиндельной бабки	Сигнализация о работе системы смазки шпиндельной бабки
<i>Панель управления приводами (рис. 9)</i>		
1	Сигнализатор заземления	Контроль цепи управления напряжением
2	Кнопка включения приводов подачи	Включение привода подачи
3	Кнопка выключения приводов подачи	Выключение привода подачи
4	Переключатель режимов работы в зависимости от оснащения станка зажимными устройствами	Переключение в пять положений: первое (крайнее левое) — работа с электромеханическим зажимом в патроне по наружному диаметру и электромеханическим подводом пиноли, второе — работа с ручным зажимом патрона при электромеханическом подводе пиноли, третье — работа с электромеханическим зажимом в патроне по наружному диаметру без использования пиноли, четвертое — работа с электромеханическим зажимом по внутреннему диаметру без использования пиноли, пятое (крайнее правое) — работа с ручным зажимом патрона и подводом пиноли
5	Лампа контроля включения привода	Контроль включения привода
<i>Панель, расположенная на каретке станка 16K20T1.02 (рис. 10)</i>		
1	Ручной генератор перемещений суппорта («маховичок»)	Перемещение суппорта

Номер позиции	Органы управления	Назначение
2	Кнопка схода с аварийного кулачка	Сход каретки суппорта с аварийного кулачка
3	Лампочка	Сигнал о наличии команды на вращение шпинделя
4	Переключатель блокировки пульта управления	Блокировка возможности ввода информации с пульта управления (ключ в вертикальном положении)
5	Переключатели пуска и остановка	Переключение в три положения: левое — разрешение подачи и работы шпинделя, среднее — работа шпинделя без подачи, правое — остановка подачи шпинделя
6	Переключатель охлаждения	Включение и выключение охлаждения
7	Лампа перегрева двигателя	Сигнал о перегреве двигателя
8	Лампа аварийного отключения привода	Сигнал об аварийном отключении привода
9	Показатель нагрузки по координате X	Контроль нагрузки по координате X
10	Показатель нагрузки по координате Z	Контроль нагрузки по координате Z
11	Показатель частоты вращения двигателя	Контроль частоты вращения двигателя
12	Показатель нагрузки двигателя	Контроль нагрузки двигателя

Органы управления, расположенные на каретках станков 16K20ФЗС32 и 16K20РФЗС32 (рис. 11)

- | | | |
|---|---|--|
| 1 | Крестовый переключатель ручных наладочных перемещений (мнемоническая ручка) | Перемещение каретки и суппорта станка в продольном и поперечном направлениях |
| 2 | Переключатель подачи и вращения шпинделя | Включение или выключение подачи и вращения шпинделя |
| 3 | Кнопка схода с аварийного кулачка | Сход каретки или суппорта с аварийного положения |
| 4 | Кнопка аварийного останова | Экстренное включение станка |
| 5 | Переключатель режимов работы системы охлаждения | Переключение на три положения: левое — охлаждение отключено, среднее — охлаждение включено при ручном режиме управления станком, правое — охлаждение включается и выключается автоматически по программе |

1. ТРЕБОВАНИЯ К ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ДЕТАЛЕЙ

Основным фактором, влияющим на трудоемкость обработки детали, является ее технологичность, т. е. комплекс свойств конструкции детали, позволяющих применять при ее изготовлении наиболее совершенные технологические процессы и оборудование, а также обеспечивать высокое качество при минимальных затратах труда и времени. Технологичность оценивается по следующим признакам: возможности групповой обработки деталей, снижающей затраты на оснастку и уменьшающей трудоемкость подготовки программы; степени унификации элементов детали, непосредственно влияющей на трудоемкость подготовки программ и на количество необходимого для обработки инструмента; возможности полной обработки детали с минимальным числом переустановок на станке, т. е. концентрации одновременно доступных для применяемого инструмента обрабатываемых поверхностей детали; жесткости детали, минимальной ее деформации в процессе обработки. Желательно, чтобы поверхности деталей являлись сочетаниями геометрических фигур, образованных отрезками прямой и дугами — частями окружности.

Повышение технологичности конструкции позволяет сократить типоразмеры применяемого режущего инструмента. Необходимо стремиться к использованию комплектов инструментов, поставляемых со станками с ОПУ или стандартизованных инструментов, изготавливаемых централизованно. Специальные инструменты должны применяться лишь в исключительных случаях.

2. РАЗРАБОТКА УП И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Процесс разработки УП (программирования) для токарного станка с ОПУ состоит из нескольких этапов. Операцию разделяют на установы и позиции, выбирают базы и способ закрепления заготовки. Разрабатывают операционную технологию, определяют последовательность переходов, выбирают технологическую оснастку,

намечают схемы траектории вершины инструмента, рассчитывают режимы резания, разрабатывают операционные карты (ОК). В операционных картах указывают переходы, применяемую оснастку и режимы резания (ГОСТ 3.1404—86).

Преобразовывают системы координат детали, рассчитывают и проставляют размеры от одной из баз. Разрабатывают карты эскизов (КЭ). На карте эскизов приводят переработанный чертеж детали с заданием размеров

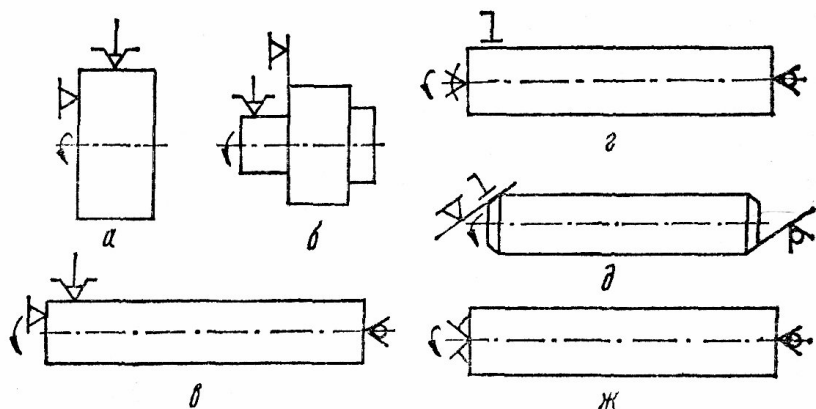


Рис. 16. Условное обозначение баз и зажимов:

а — патрон; *б* — патрон с пневматическим приводом; *в* — патрон и задний вращающийся центр; *г* — поводковый патрон (или хомут), передний плавающий центр и задний вращающийся центр; *д* — передний поводок трения «рюмка» и задний обратный вращающийся центр; *ж* — передний поводок «ерш» и задний вращающийся центр.

от одной базы и обозначением баз и зажимов по ГОСТ 3.1107—81 (рис. 16), построения для расчета координат опорных точек, необходимые расчеты для определения их координат, схемы траекторий (циклограммы) движения всех инструментов. Рекомендуемые условные обозначения элементов циклограмм приведены на рис. 17. В пояснениях к циклограммам и к управляющим программам целесообразно применять следующую условную терминологию для вспомогательных ходов: движение к детали по оси *X* — подвод; движение от детали по оси *X* — отвод; движение к детали по оси *Z* (либо *Z* и *X*) — подход; движение от детали по оси *Z* (либо *Z* и *X*) — отход. Затем составляют карты координат опорных точек траектории движения РО, а при программировании в относительной системе — величины приращений. После этого составляют рукопись управляющей программы на бланке или покадровым текстом. При помощи клавиатуры пульта, например НЦ-31 или 2Р22, вводят программу в память

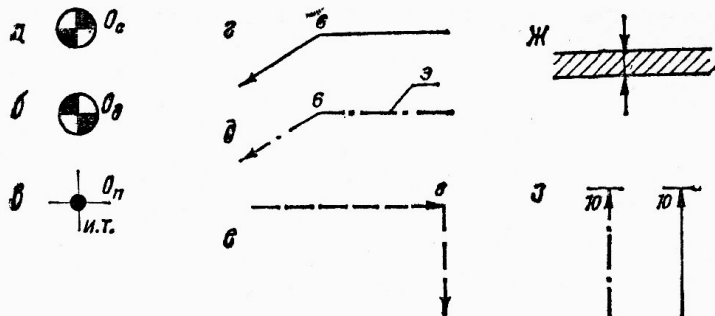


Рис. 17. Условное обозначение на карте эскизов элементов циклограмм:

а — нуль станка; *б* — нуль детали; *в* — нуль программы (исходная точка); *г* — траектория РО, совпадающая с контуром детали; *д* — эквидистанта; *е* — траектория холостого хода; *ж* — припуск; *з* — выдержка времени.

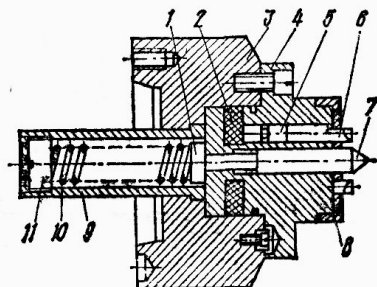
ЭВМ станка или переносят на кассету или на перфоленту. На последующем этапе УП проверяют на станке, вносят необходимые коррективы.

3. СПОСОБЫ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ЗАГОТОВОК

В качестве заготовок для деталей средних размеров, обрабатываемых на токарных станках с ЧПУ, в условиях мелко- и среднесерийного производства используют разрезанный прокат, поковки и отливки. В случае применения поковок поверхности, используемые для закрепления на станке с ОПУ, предварительно об-

Рис. 18. Поводковая оправка:

1 — толкатель плавающего центра; 2 — гидропласт; 3 — корпус; 4 — стакан; 5 — плунжер; 6 — плавающий нож-поводок; 7 — плавающий (подпружиненный) центр; 8 — крышка; 9 — втулка; 10 — пружина; 11 — резьбовая пробка.



тачивают на универсальном станке. Термообработку заготовок (улучшение) проводят перед обработкой на токарных станках с ОПУ. Закрепление заготовок за цилиндрическую поверхность производится, как правило, в трехкулачковом самоцентрирующем патроне. К некоторым моделям токарных станков с ОПУ поставляются электромеханические патроны со сменными кулачками.

Перед чистовой обработкой с базированием по обработанной поверхности кулачки патрона должны протачиваться или растачиваться на диаметр зажима. При

растачивании кулачки предварительно фиксируются с помощью диска или кольца.

Для обработки детали из прутковых заготовок, пропускаемых через осевое отверстие шпинделя, электромеханический патрон демонтируют, а на шпинделе закрепляют обычный трехкулачковый патрон.

Для обработки детали в центрах следует использовать поводковый самозажимный патрон и плавающий центр либо специальную поводковую оправку (рис. 18). Заготовки для деталей, обрабатываемых в центрах, должны быть зацентрированы с двух сторон, а один из торцов подрезан. Допустимые отклонения по длине не должны превышать $\pm 0,3$ мм.

4. РЕЗЦЫ

К основным требованиям, предъявляемым к резцам для станков с ОПУ, относят следующие: обеспечение высокой износостойкости; универсальность, т. е. возможность одним инструментом выполнить большое число переходов; быстросменность и стабильность положения рабочих вершин и режущих кромок. Этим требованиям отвечают резцы, у которых режущая твердосплав-

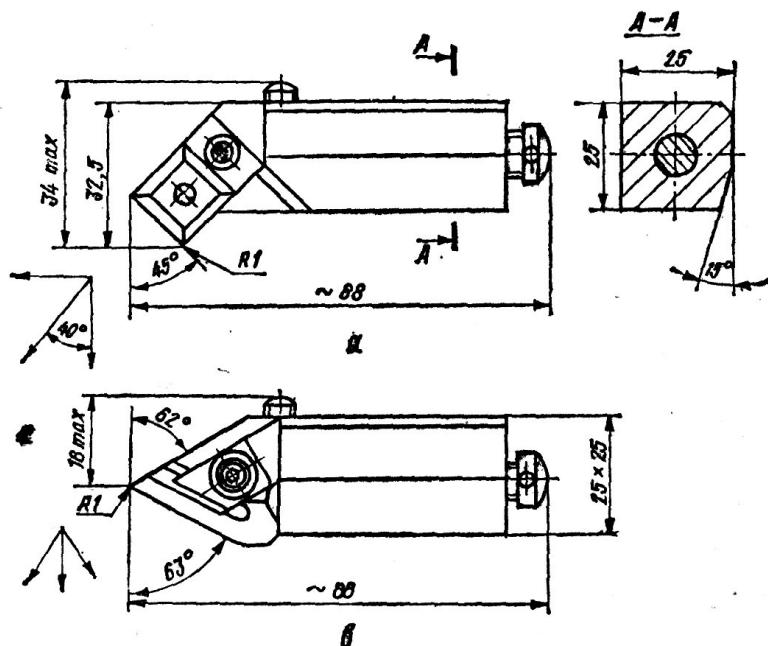


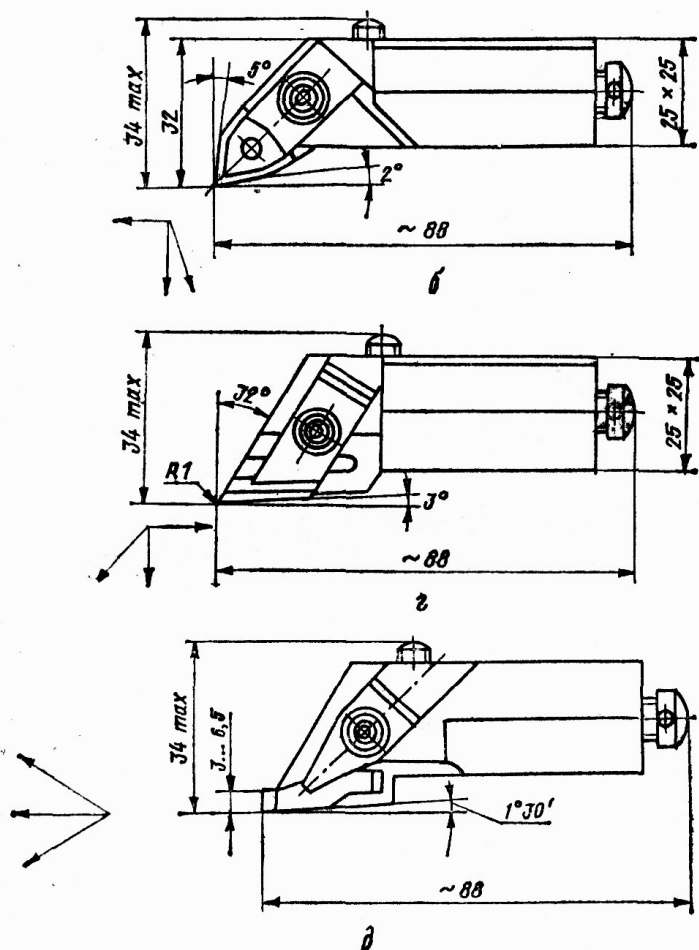
Рис. 19. Резцовые вставки:

а — проходная ($\varphi = 45^\circ$); б — упорная ($\varphi = 92^\circ$); в — контурная ($\varphi = 63^\circ$); г — поперечная.

ная пластина не наплавляется, а закрепляется на держателе механически.

Для токарных станков с ОПУ поставляют комплект резцовых вставок с механическим креплением неперетачиваемых твердосплавных многогранных пластин. Корпус вставок снабжен установочными винтами, с помощью которых резцы можно настраивать на определенные вылеты по осям X и Z. В комплект резцовых вставок, поставляемых вместе со станками (ТУ-2-045-588—77), входят проходные отогнутые с пластиной квадратной формы, проходные упорные с пластиной трехгранной формы, контурные с параллелограммными пластинами и прорезные с призматическими пластинами.

Проходные отогнутые резцовые вставки с пластиной квадратной формы и углом $\varphi = 45^\circ$ (рис. 19, а) предназначены для наружной обточки, подрезания торцов



деталей, снятия фасок. Наибольшее применение они находят при обработке фланцевых деталей в патронах. Прходные упорные резцовые вставки с пластиной трехгранной формы с углом $\phi = 92^\circ$ (рис. 19, б) используют для наружной обточки, подрезания торцов и уступов. Наибольшее применение они находят при обработке ступенчатых валов. Контурные резцовые вставки с параллелограммными пластинами с углом $\phi = 63^\circ$ (рис. 19, в) позволяют обтачивать детали по цилиндру, протачивать обратный конус с углом 30° , обрабатывать радиусные поверхности и галтели, подрезать торцы, вытачи-

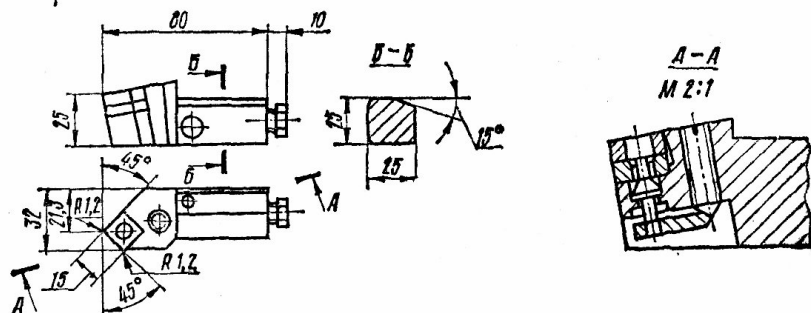


Рис. 20. Резцовая вставка с креплением пластин штифтом.

вать резьбовую канавку или канавку под выход шлифовального круга. Режущую пластину базируют по боковым граням и закрепляют прихватом сверху.

Контурные резцовые вставки с параллелограммными пластинами ($\phi = 93^\circ$) предназначены для обработки полусферических и конических поверхностей с углом 57° (рис. 19, г). Прорезные резцовые вставки с призматическими пластинами применяют для обработки канавок (рис. 19, д). Режущая пластина в них прижимается прихватом сверху. Ее ширина достигает 3—6,5 мм.

В последние годы получили распространение резцы и резцовые вставки с квадратными и ромбическими пластинами, которые крепятся к держателю штифтом (рис. 20). Расположение пластины в корпусе резца позволяет применять их при обтачивании по наружному диаметру, а также при подрезке торца.

Для растачивания отверстий применяются резцы, зажимаемые в блоках инструментальной головки. В зависимости от диаметра и длины растачиваемого отверстия применяют расточные резцы различных конструкций с механическим креплением многогранных пластин (рис. 21).

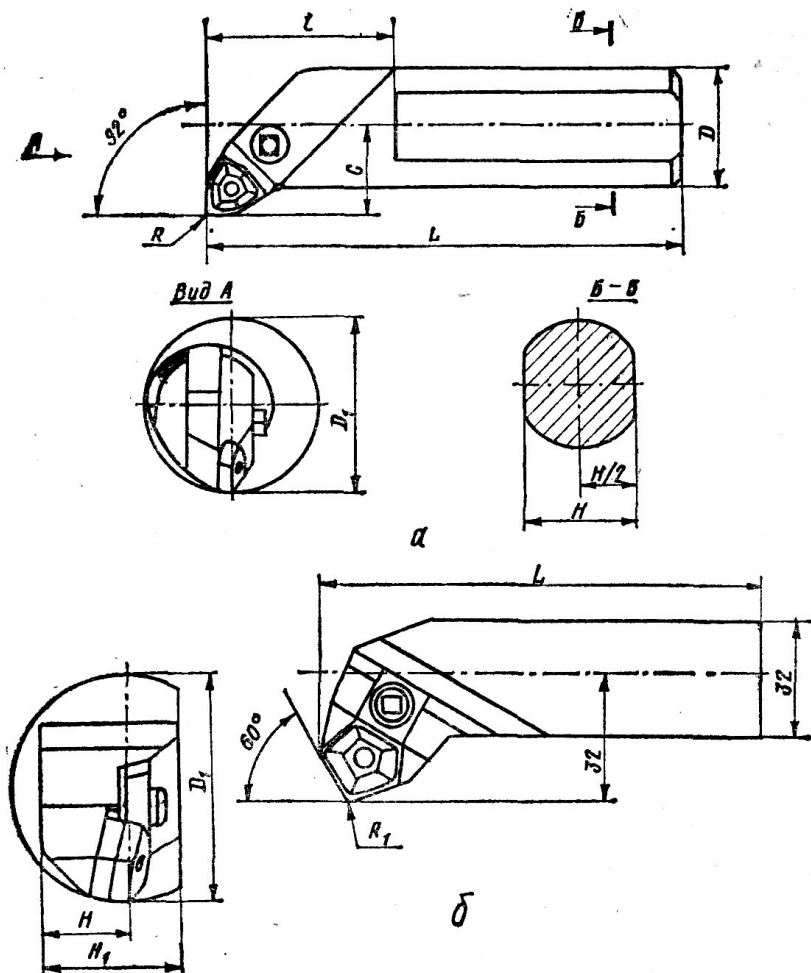


Рис. 21. Расточные резцы с механическим креплением твердосплавных пластинок:

а — трехгранных ($\varphi = 92^\circ$) для отверстий $\varnothing 22$ мм и более; **б** — пятигранных ($\varphi = 60^\circ$) для отверстий $\varnothing 75$ мм и более.

5. ЭКВИДИСТАНТА КОНТУРА И СИСТЕМА КООРДИНАТ

Детали, обрабатываемые на станке с ОПУ, можно рассматривать как геометрические тела, состоящие из простых геометрических фигур, например, цилиндра, конуса, сферы и др. При обработке перемещение инструмента осуществляется относительно детали (заготовки). Траекторию движения РО, т. е. траекторию определенной точки инструмента, называемую центром, задают при помощи УП.

У проходного, расточного и контурного резцов центром инструмента служит вершина резца или центр закругления при вершине (рис. 22, а, б), у прорезного (канавочного) резца — левая вершина (рис. 22, в). Для

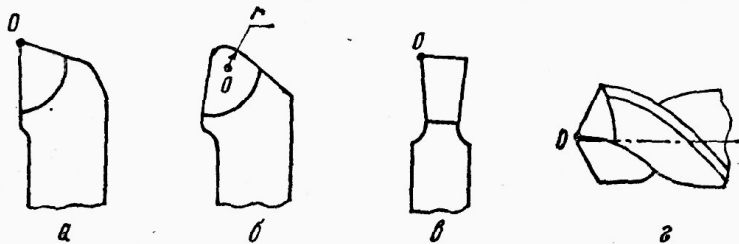


Рис. 22. Центры инструментов:

а — резца с острой вершиной; б — резца с закругленной вершиной; в — прорезного резца; г — сверла.

сверла, зенкера, зенковки, цековки, метчика центром инструмента является центр рабочего торца (рис. 22, г).

При контурной обработке центр инструмента должен перемещаться по эквидистанте контура детали, т. е. по геометрическому месту точек, равноудаленных от какой-либо линии и лежащих по одну сторону от нее. Эквидистанты бывают наружные $\mathcal{E}_{нар}$ и внутренние $\mathcal{E}_{вн}$ (рис. 23). Частным случаем эквидистанты при токарной обработке резцом с острой вершиной является сам контур детали.

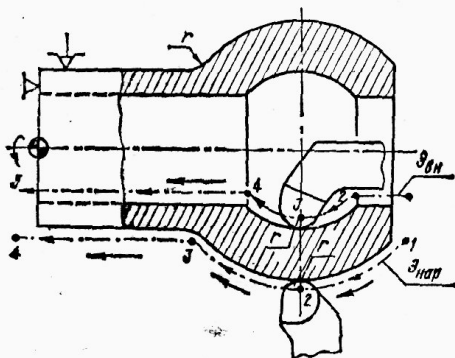


Рис. 23. Эквидистанты контура детали.

Отдельные участки траектории движения центра инструмента (циклограммы) могут быть отрезками прямых, дуг окружностей или других кривых. На рис. 24 показаны схемы траектории движения вершины резца для черновой и чистовой обработки вала.

Положение опорных точек (переломных точек циклограммы) определяется при помощи системы координат. Для разработки принята стандартная прямоугольная (декартова) система координат (ГОСТ 23597—79). Как указано выше (см. гл. 1), в системе координат для токарных станков приняты оси: Z — параллельная продольной подаче суппорта, совпадает с осью шпинделя станка, X — параллельная поперечной подаче суппорта (см. рис. 2).

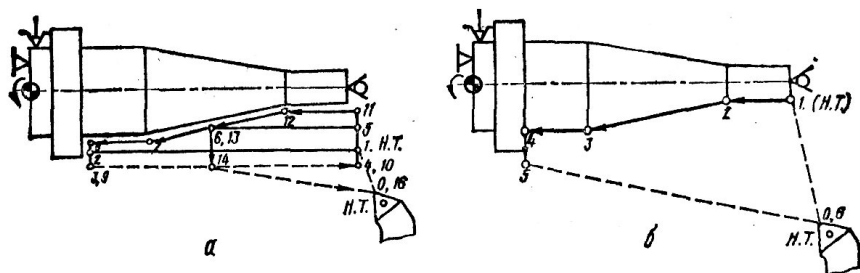


Рис. 24. Типовые траектории вершины резца при токарной обработке детали:

а — черновые рабочие ходы; *б* — чистовой рабочий ход.

Для токарных станков с ОПУ различают систему координат станка и систему координат детали.

Начало координат станка O_c находится в центре зеркала кулачкового патрона, т. е. в центре сечения шпинделя перед посадочным конусом, центрирующим планшайбу патрона (рис. 25).

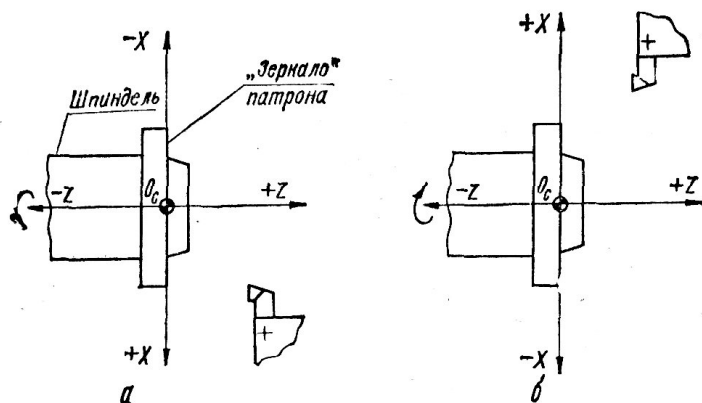


Рис. 25. Система координат токарного станка с ОСУ:

а — переднее (или нижнее); *б* — заднее (или верхнее) расположения инструментальной головки.

Направление осей координат зависит от расположения инструмента (например, у станков 16К20Т1 и 16К20РФ3 — впереди оси вращения шпинделя, у станка 1713Ф3 — сзади оси вращения). Движение по оси X реализуется перемещением поперечных салазков суппорта по направляющим каретки, а по оси Z — перемещением каретки по направляющим станины. Начало системы координат детали O_d находится в центре левого или правого торца заготовки. Ось Z этой системы совпадает с осью Z станка, а ось X проходит в плоскости базового торца приспособления (например, торца планшайбы или уступа кулачков) либо в плоскости правого торца заго-

товки. Размеры относительно O_d , заданные на чертеже детали, пересчитываются в расстояния (координаты) до опорных точек обрабатываемого контура (рис. 26).

Координаты опорных точек циклограммы вершины резца можно определить непосредственно без чертежа детали либо, при необходимости, путем расчетов. На современных предприятиях эти расчеты производятся при помощи программируемых микрокалькуляторов или мини-ЭВМ.

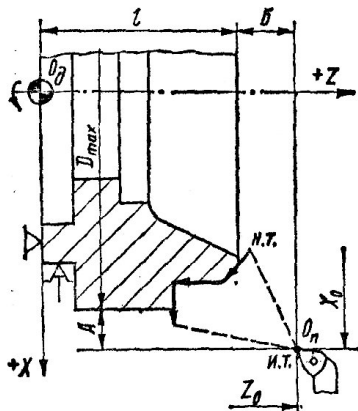


Рис. 26. Система координат детали.

При наладке станка производится так называемая «привязка» исходной точки программы O_n , которая совпадает с центром инструмента, к координатным системам станка детали. Чтобы избежать нерациональных холостых пробегов, величину перемещения инструмента от исходной точки программы до первой обрабатываемой поверхности и длину перемещения от последней обрабатываемой поверхности до исход-

ной точки следует выбирать минимальными.

Положение инструмента в исходной точке должно хорошо просматриваться со стороны рабочего. Инструмент не должен мешать выполнению действий по установке, закреплению и снятию детали, смене прижимов и упоров, удалению стружки и т. п. Для этого расстояния от точки O_n до торца заготовки B принимают в пределах 60—80 мм, а до наружной поверхности заготовки A — 10—30 мм (см. рис. 26). Точка на циклограмме, определенная относительно нуля детали O_d , в которую центр инструмента подводится по программе из исходной точки (и. т.), от которой начинается непосредственный цикл рабочих и вспомогательных ходов по обработке заготовки, является начальной точкой (н. т.).

6. РАСЧЕТ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ РАБОЧЕГО ОРГАНА

Процесс формообразования в токарных станках с контурным управлением обеспечивается согласованным движением рабочих органов станка по двум координатам. Для этого управляющие команды на привод станка дол-

жны поступать непрерывно, в соответствии с требуемым законом движения по каждой координате. В системах с ОПУ программа задается в виде отдельных числовых блоков информации (кадров), которые рассчитываются для конечного числа опорных точек на поверхности детали согласно чертежу.

Для криволинейных участков траектории отрезок дуги, ограниченный опорными точками, аппроксимируется, т. е. заменяется прямолинейными участками. Наиболее часто применяется аппроксимация хордами. Точность аппроксимации тем выше, чем большее количество хорд вписываются в прямолинейный участок.

Траектория движения рабочего органа (циклограмма) для токарного станка с ОПУ аппроксимируется автоматически электронным вычислительным устройством (интерполятором) ОПУ. Интерполяторы выдают импульсы тока по координатным осям в непрерывной последовательности, что позволяет получить результирующее движение инструмента по заданному отрезку прямой или по заданной дуге окружности. Каждому отдельному (дискретному) импульсу соответствует определенная величина перемещения рабочего органа станка, т. е. определенная цена импульса.

Для токарного станка 16К20Т1 цена импульса по оси Z составляет 0,01 мм. Это значит, что для обеспечения перемещения на l миллиметров на электродвигатель продольной подачи следует подать $l : 0,01 = 100 l$ импульсов. При перемещении по оси X с учетом того, что шаг винта поперечной подачи ($P = 5$ мм) в два раза меньше шага винта продольной подачи ($P = 10$ мм), цена импульса составит 0,005 мм, т. е. для перемещения поперечного суппорта на l миллиметров нужно дать $l : 0,005 = 200 l$ импульсов.

7. ОСОБЕННОСТИ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ

С технологической точки зрения поверхности детали делятся на основные и дополнительные. К основным (рис. 27) относят поверхности, которые могут быть обработаны резцом для контурной обработки с главным углом в плане $\varphi = 93^\circ$ и вспомогательным углом в плане $\varphi_1 = 32^\circ$ (см. рис. 19, *з*), т. е. цилиндрические, конические, сферические наружные и торцевые поверхности, а также поверхности фаски и неглубоких (до 1,5 мм) канавок. Дополнительные поверхности не могут быть выполнены таким резцом. К ним относят поверхности угловых

канавок для выхода шлифовального круга, прямоугольных и трапециевидальных канавок, а также резьбовые поверхности.

Технологический маршрут обработки деталей на токарном станке с ОПУ включает черновую обработку ос-

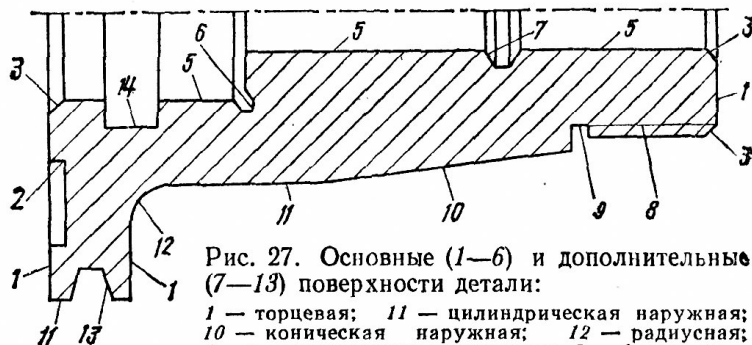


Рис. 27. Основные (1—6) и дополнительные (7—13) поверхности детали:

1 — торцевая; 11 — цилиндрическая наружная; 10 — коническая наружная; 12 — радиусная; 5 — цилиндрическая внутренняя; 3 — фаска; 13 — канавка трапециевидальная наружная; 2 — канавка (выточка) торцевая; 9 — канавка прямоугольная наружная; 4 — канавка прямоугольная внутренняя; 7 — канавка трапециевидальная внутренняя; 8 — резьба; 6 — угловая канавка.

новных и дополнительных поверхностей, чистовую обработку основных поверхностей, поверхностей, не требующих черновой обработки, а также дополнительных поверхностей. В случае обработки детали с центральным

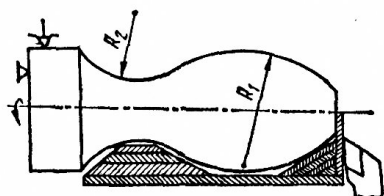


Рис. 28. Схема предварительной обработки фасонной поверхности.

отверстием после чернового подрезания торца производится обработка отверстия.

Токарную операцию следует начинать с черновой обработки, содержащей несколько прямолинейных черновых рабочих ходов (проходов), которые выполняются вдоль оси де-

тали, перпендикулярно к оси или под углом к ней. Первый рабочий ход предусматривает удаление корки (окалины, наклепа или отбела) с поверхности поковки или отливки и исправление погрешностей формы заготовки. Последующие черновые рабочие ходы выполняются с постоянной или постепенно уменьшающейся глубиной резания. Если глубина резания для последнего чернового хода оказалась большой, то ее следует уменьшить за счет глубины резания предыдущих ходов. При черновом рабочем ходе точного воспроизведения профиля детали не требуется. Схема предварительной обработки фасонной поверхности приведена на рис. 28. Не-

большой припуск срезается сразу чистовым рабочим ходом.

Для поверхности, шероховатость которой $Rz \leq \leq 20$ мкм, а также для диаметральных размеров с допуском 0,3 мм и меньше необходима чистовая обработка. Глубина резания для чистовых рабочих ходов принимается 0,5—1,5 мм.

8. ТИПОВЫЕ ЦИКЛОГРАММЫ ВЕРШИНЫ РЕЗЦА

В зависимости от конфигурации детали различают открытые, полуоткрытые и закрытые припуски. Для среза припуска применяют типовые циклограммы вершины резца, такие как «петля», «зигзаг» и «спуск» (табл. 3).

Схему «петля» используют при построении траектории движения проходных и других резцов, работающих в одном направлении. Схема «зигзаг» предназначена для обработки в основном открытых припусков двухкромочными и чашечными резцами, допускающими резание в прямом и обратном направлениях. По схеме «спуск» выполняют протачивание прорезными резцами канавок и других элементов поверхностей, недоступных для обработки проходными резцами. Схемы обработки прямоугольной канавки и канавки с фасками канавочным резцом, ширина которого равна ширине канавки, а также многопроходного протачивания канавки резцом более узким, чем обрабатываемая канавка, приведены на рис. 29.

Канавки протачивают на рабочем ходу (P), с заданной подачей, а выводят резец из канавки на ускоренном ходу (Y). В конце протачивания канавки по схеме «спуск» задается выдержка времени, т. е. кратковременное (на 2—3 с) прекращение подачи инструмента при продолжающемся вращении детали. Для того чтобы обеспечить правильную геометрическую форму и небольшую шероховатость поверхности дна канавки, деталь должна совершить не менее одного оборота после подхода режущей кромки резца на заданную координату. На рис. 30 приведена схема обработки широкой канавки прорезным и проходным упорным резцами, а на рис. 31 — схема обработки торцевой канавки прорезным резцом. Геометрия прорезного резца для протачивания торцевых канавок показана на рис. 32.

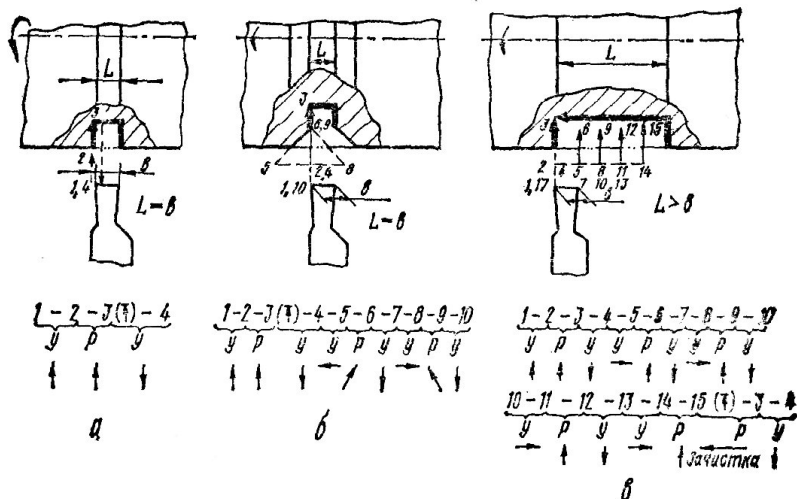


Рис. 29. Типовые схемы обработки канавок:

a — прямоугольной узкой $L = b$; *б* — прямоугольной с фасками $L = b$; *в* — широкой $L > b$.

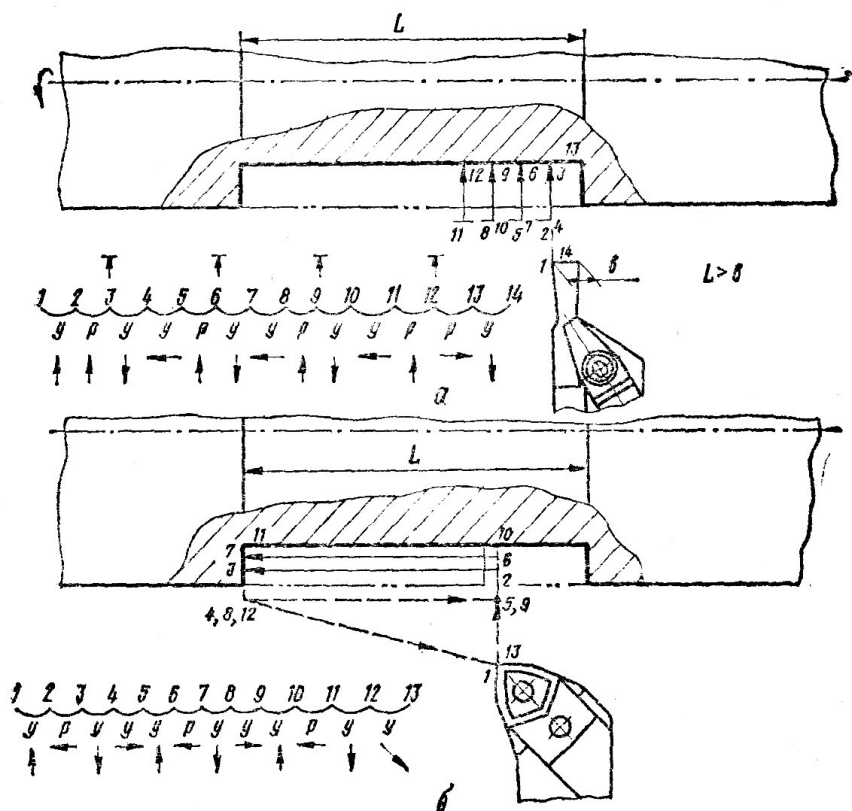
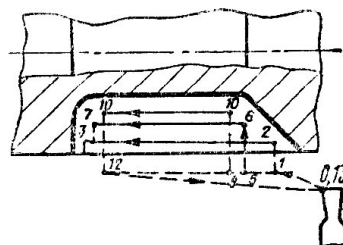
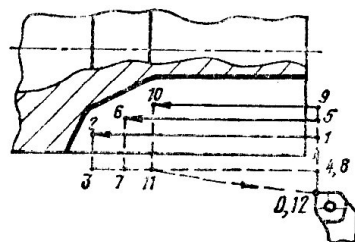
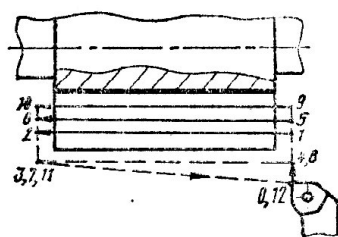


Рис. 30. Схемы обработки широкой канавки с предварительным протачиванием прорезным резцом по схеме «спуск» (*a*) и доработки по схеме «спираль» (*б*) проходным упорным резцом.

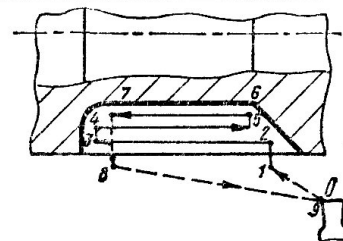
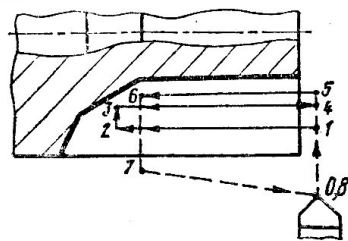
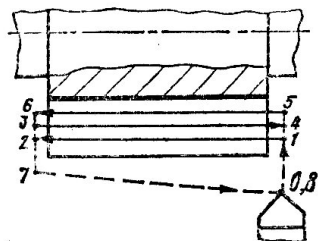
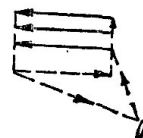
3. Типовые циклограммы вершины резца

Вид припуска

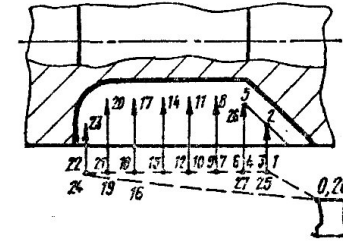
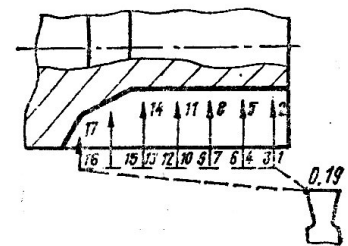
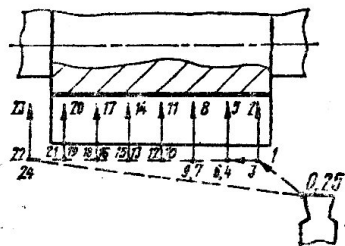
Схема циклограммы



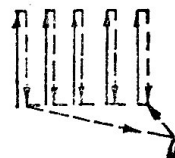
„Петля“



„Зигзаг“



„Спуск“



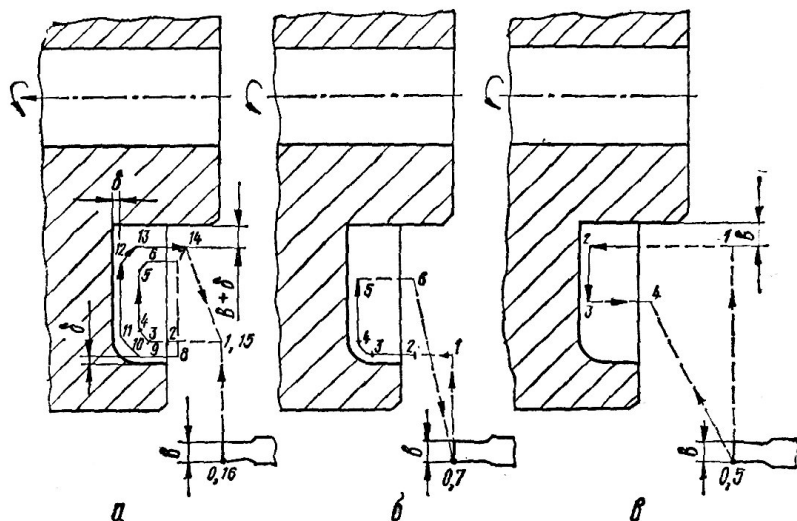


Рис. 31. Схема обработки торцевой канавки:

a — черновой; *б, в* — чистовые рабочие ходы (*b* — ширина режущей кромки; *б* — припуск на чистовую обработку).

Черновое обтачивание торцевых поверхностей рекомендуется проводить при подаче резца в направлении «к детали» (рис. 33). Чистовую обработку деталей типа вал или фланец со снятием припуска не более 1,5 мм следует выполнять непрерывной подачей резца. Обработку начинать от центра торца детали.

При подрезании торца подачей от центра происходит отжим резца. Поэтому перед переходом от торцевой поверхности к наружной для снятия упругой деформации

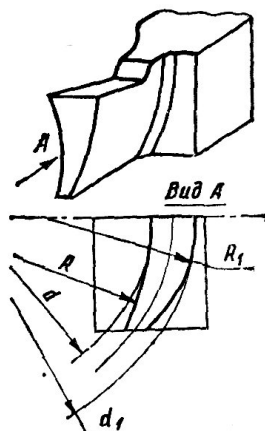


Рис. 32. Геометрия прорезного резца для протачивания торцевых канавок.

резца рекомендуется задавать программой так называемую «технологическую петлю» (рис. 34).

9. ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ

Глубину резания принимают в зависимости от припуска на обработку, мощности станка, жесткости системы СПИД, размеров резца. Для чистовых проходов глубина резания составляет 0,5—1,5 мм.

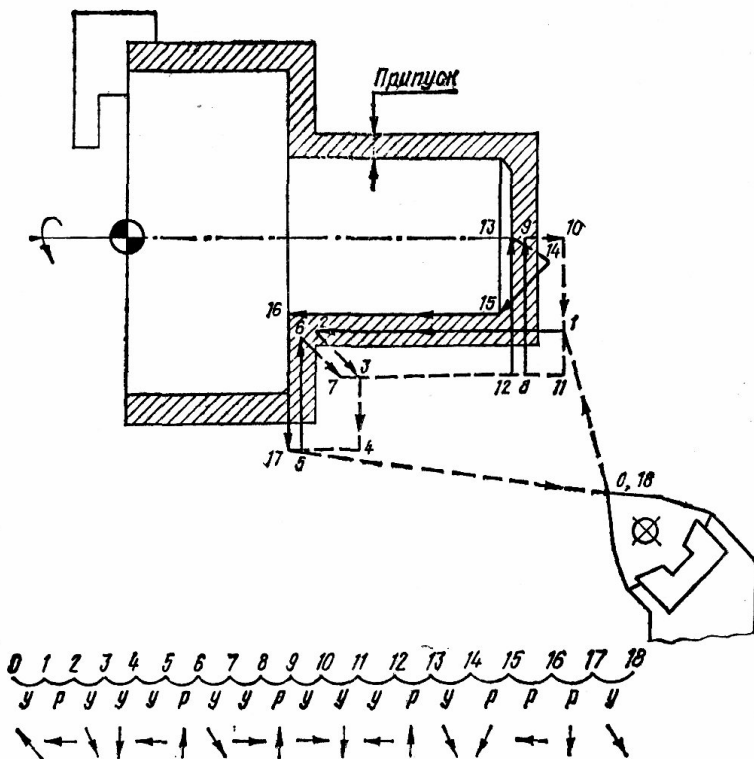


Рис. 33. Типовая циклограмма обработки с подрезанием торца и уступа подачей «к детали».

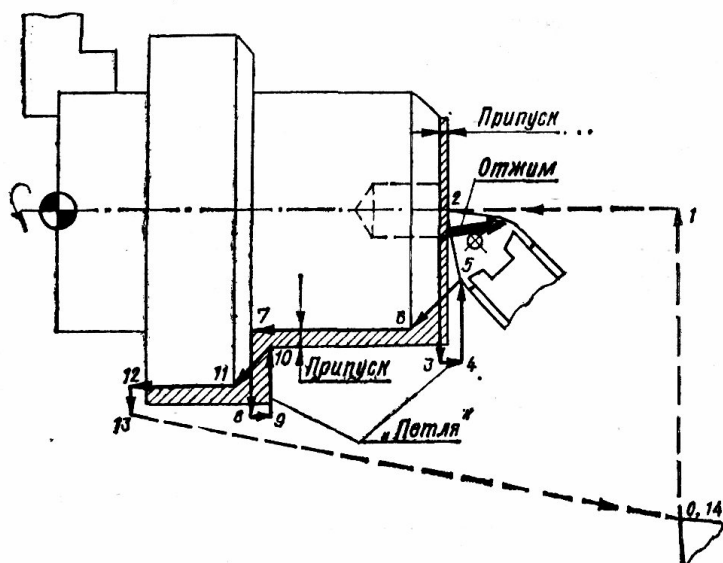


Рис. 34. Траектория движения вершины резца (с технологическими петлями).

4. Зависимость K_1 от способа крепления детали и типа резца

Способ крепления детали	Тип резца	Поправочный коэффициент K_1
В патроне	Черновой проходной	0,75
	Черновой упорный	0,62
	Черновой подрезной (торцевой)	0,86
	Проходной контурный	0,6
	Расточный контурный	0,7
В центрах	Черновой проходной	0,8
	Проходной контурный	0,77

Максимально допустимая подача лимитируется рядом факторов, важнейшими из которых являются жесткость обрабатываемой детали, прочность и жесткость резца, мощность и жесткость станка, степень шероховатости обрабатываемой поверхности. Подачу принимают по нормативам [9].

Для токарной обработки деталей на станках с ОПУ резцами с механическим креплением многогранных твердосплавных пластин скорость резания рекомендуется принимать по специальным нормативам для станков с ЧПУ. Можно также пользоваться справочниками по режимам резания для обычных станков. При этом следует учитывать, что период стойкости резцов определяется исходя из конкретных условий их эксплуатации на станке с ОПУ и может отличаться от стойкости резцов для обычных станков. Для определения стойкости твердосплавных резцов рекомендуется принимать зависимость $T_p = 30K_1K_2$ мин, где K_1 , K_2 — поправочные коэффициенты, учитывающие способ крепления детали, тип резца (табл. 4) и количество инструментов в наладке:

Количество инструментов, шт.	Поправочный коэффициент K_1	Количество инструментов, шт.	Поправочный коэффициент K_2
1	1	4	2
2	1,36	5	2,3
3	1,65	6	2,53

Скорость резания, принятую по справочнику, следует умножить на поправочный коэффициент K_p . Зависимость этого коэффициента от стойкости резца приведена ниже:

Стойкость, мин	Поправочный коэффициент K_p
15—20	1,2
30—40	1
40—55	0,95
55—70	0,8
70—120	0,65

Пример определения скорости резания при токарной обработке. Дана заготовка из стали $45d = 160$ мм, закрепленная в патроне. Ее необходимо обработать черновыми проходными резцами с пластинами из твердого сплава Т15К6. В наладке участвуют шесть резцов. Следует определить скорость резания. Табличная скорость резания составляет 165 м/мин [9], поправочные коэффициенты $K_1 = 0,75$, $K_2 = 2,53$ (см. табл. 4).

Стойкость резцов определяют по следующей зависимости $T_p = 30K_1K_2 = 30 \cdot 0,75 \cdot 2,53 = 57$ (мин). Поправочный коэффициент $K_p = 0,8$.

Скорость резания $v = v_t \cdot K_p = 165 \cdot 0,8 = 132$ (м/мин).

Частоту вращения шпинделя определяют по зависимости $n = 1000v/(\pi D)$. В приведенном примере $n = 1000 \cdot 132/(\pi \cdot 160) = 262$ об/мин.

10. ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ

Перед началом сверления отверстия торец заготовки засверливается сверлом большого диаметра или центрируется специально заточенным резцом. Вначале следует производить сверление инструментом большего диаметра, а затем меньшего.

При сверлении отверстия большой длины (глубокое сверление) инструмент следует периодически выводить из отверстия с целью его спрямления (снятия упругой деформации продольного изгиба), охлаждения и удаления стружки. На станках с ОПУ и это осуществляется по специальному автоматическому циклу. При глубоком сверлении после вывода сверла из отверстия перед повторным входом для удаления стружки и охлаждения инструмента задается выдержка времени. На выходе сверла с противоположной стороны детали следует уменьшить подачу в два раза с целью предотвращения поломки сверла из-за «скачка» в момент «мертвого хода» при выборке зазора винтовой пары.

В конце рабочего хода зенкера, цековки или зенковки для обеспечения правильной формы и небольшой шероховатости обработанной поверхности задают выдержку времени.

11. ОСОБЕННОСТИ НАРЕЗАНИЯ РЕЗЬБЫ

Автоматизация цикла движения резца при нарезании резьбы на токарном станке с ОПУ позволяет применять твердосплавные резьбовые резцы. Типовые кон-

струкции твердосплавных сборных резцовых резцов, используемых на токарных станках с ОПУ, приведены на рис. 35. Резьбовые резцы (вставки) с ромбическими пластинами (рис. 35, а), закрепленными при помощи прихвата сверху, позволяют нарезать резьбу с шагом 2—6 мм (ТУ 2-035-088—77). Резьбовые резцы с призматическими пластинами (рис. 35, б), закрепленными при помощи

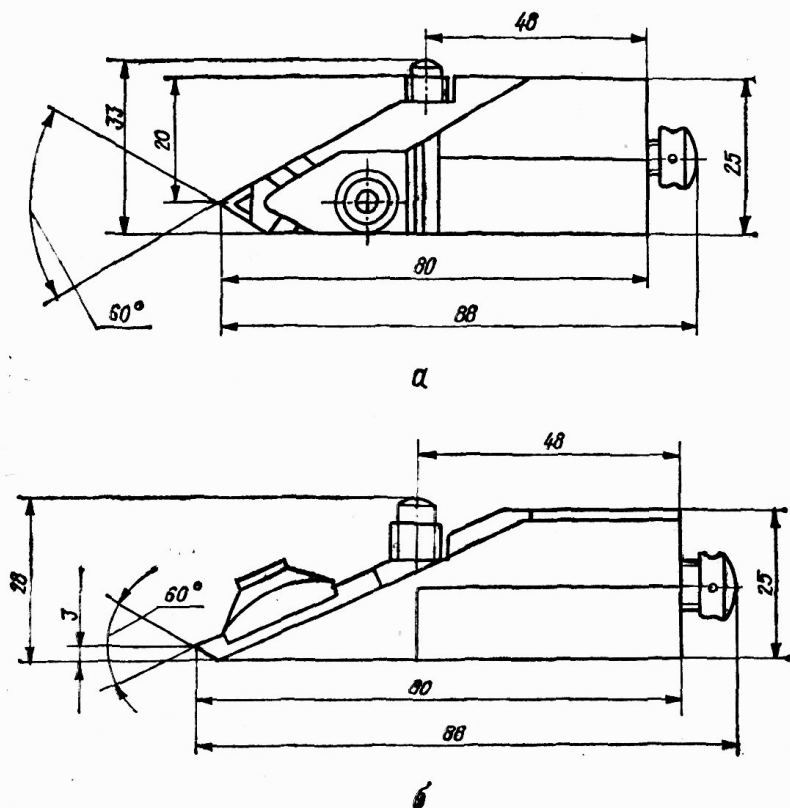


Рис. 35. Резьбовые резцы с механическим креплением твердосплавных пластинок:

а — ромбических; б — призматических.

прихвата сбоку, дают возможность выполнять резьбу с шагом до 2 мм. Угол профиля обеспечивается формой пластины (ТУ 2-035-088—77). Резьбовые резцы для нарезания внутренних резьб позволяют нарезать резьбу (шаг 2 мм) с близким подходом к торцу.

Число рабочих ходов (проходов) зависит от шага резьбы P , обрабатываемого материала, заданной шероховатости и принимается по справочнику [11]. Например, для нарезания резьбы с шагом $P = 3$ мм по стали резцом, оснащенным твердым сплавом Т15К6, рекомендует-

ся три черновых и два чистовых прохода, а для нарезания трапециевидальной резьбы с шагом 3 мм — пять черновых и три чистовых прохода.

Глубина резания для каждого прохода выбирается из условия постоянства нагрузки на резец, т. е. примерного равенства суммарной площади среза для каждого прохода. При черновых проходах глубина резания должна быть прогрессивно-убывающей в каждом проходе. Глубина последнего прохода принимается в пределах 0,1—0,2 мм. Чтобы определить глубину резания и соответ-

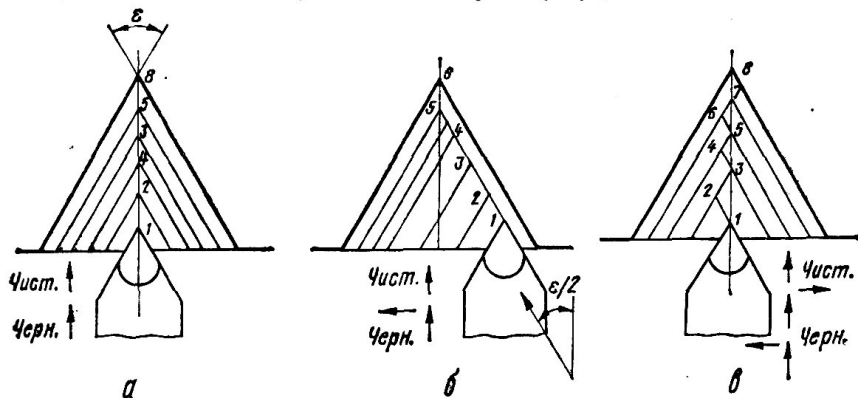


Рис. 36. Схемы врезания при нарезании резьбы:

а — перпендикулярно к оси детали; б — под углом; в — вразбивку.

ственно координату вершины резца по оси X для каждого прохода, необходимо знать высоту профиля резьбы и разделить ее на части в соответствии с принятым количеством проходов. Высота профиля определяется по справочнику [11]. Например, для резьбы с шагом 3 мм рабочая высота профиля $h = 1,95$ мм. При отсутствии справочных таблиц высоту профиля можно определить ориентировочно по зависимости $h = 0,65P$. ЭВМ, встроенная в станки 16K20T1.02 и 16K20Ф3, рассчитывает число рабочих ходов и обеспечивает требуемую глубину чистового прохода.

Врезание резца для выполнения резьбы с шагом до 2,5 мм обычно производится перпендикулярно к оси резьбы (рис. 36, а). При работе по этой схеме в процессе резания участвуют одновременно обе режущие кромки резца, в результате образуется жесткая стружка корытообразной формы, что увеличивает нагрузку на резец. Для выполнения резьбы с шагом более 2,5 мм врезание производится под углом $\varepsilon/2$ (рис. 36, б). В этом случае работает одна режущая кромка резца. Нарезание резьбы по этой схеме позволяет обеспечить хорошие условия

стружкообразования, но приводит к неравномерному износу режущих кромок резца.

Для облегчения стружкообразования и повышения стойкости резца рекомендуется нарезать резьбу с разбивкой, т. е. со смещением в разные стороны. В этом случае в работе участвуют попеременно обе режущие кромки (рис. 36, в). Разбивку осуществляют путем углубления по оси X и одновременного смещения по оси Z вершины

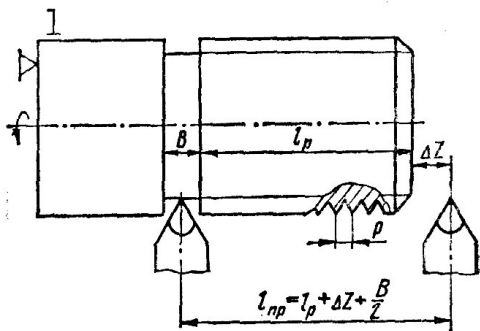
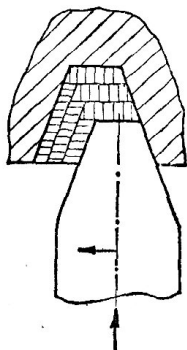


Рис. 37. Схема нарезания трапецидальной резьбы.

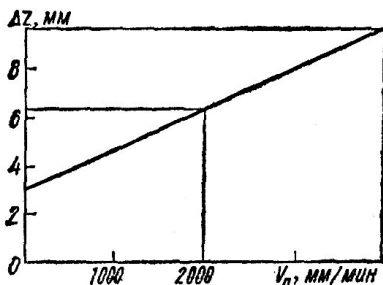


Рис. 38. Схема для определения пути рабочего хода резьбового резца.

Рис. 39. Номограмма для определения пути подхода резца по оси Z .

резца перед каждым рабочим ходом. Такая схема особенно целесообразна при нарезании трапецидальных резьб и канавок модульных винтов-червяков (рис. 37). Чистовые проходы обычно выполняют с врезанием перпендикулярно к оси резьбы.

Путь прохода резца определяют по зависимости

$$l_{пр} = l + \Delta Z + B/2,$$

где l — длина резьбового участка; ΔZ — путь подхода (воздушный зазор); B — ширина зарезьбовой канавки (рис. 38).

Путь подхода задается с целью компенсации возможного «мертвого хода» из-за износа деталей шариковой винтовой пары механизма подачи. Величину пути подхода по оси Z принимают по специальной номограмме (рис. 39). Например, при $n = 700$ об/мин и шаге резьбы

3 мм скорость продольной подачи $V_{\text{прод}} = 700 \cdot 3 = 2100$ мм/мин, путь подхода по номограмме $\Delta Z = 6,5$ мм.

Врезание для левой резьбы производят в зарезьбовую канавку, а выход за пределы резьбового участка (перебег) задают равным шагу резьбы. Перед возвратными ходами следует задавать отход резца от поверхности детали на 2—3 мм, т. е. координата точки выхода вершины резца по оси X равняется $d + (2...3)$ мм. При нарезании резьбы по автоматическому циклу этот отход задается ЭВМ. В случае нарезания резьбы без зарезьбовой канавки, т. е. со сбегом, путь прохода резца $L = l + \Delta Z$ мм.

В случае нарезания многозаходной резьбы деление на заходы производится смещением исходного положения резца по оси Z на шаг резьбы P по программе перед нарезанием каждого захода. Например, если нарезается резьба $M30 \times 6$ (3) двухзаходная с шагом 3 мм на длину 40 мм при ширине зарезьбовой канавки $b = 4$ мм и $\Delta Z = 12$ мм, то путь рабочего хода для первого захода равен $L_1 = 40 + 12 + \frac{4}{2} = 54$ мм, для второго захода — $L_2 = 40 + 12 + \frac{4}{2} + 3 = 57$ мм. Если эта же резьба трехзаходная $M30 \times 9$ (3), то $L_3 = 60$ мм.

12. ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА И ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТРУЖКОЛОМАНИЯ

На чертеже детали следует задавать такую форму зарезьбовой канавки, чтобы ее можно было выполнить проходным или профильным упорным резцом во время обтачивания цилиндрической поверхности (рис. 40). При недостаточном количестве позиций в резцедержателе инструментальной головки для выполнения всех переходов операции рекомендуется применять многокромочные (комбинированные) резцы (рис. 41).

Обработку двух деталей из одной заготовки целесообразно проводить по общей программе (рис. 42).

Длинные ступенчатые валы необходимо обрабатывать с двух сторон при

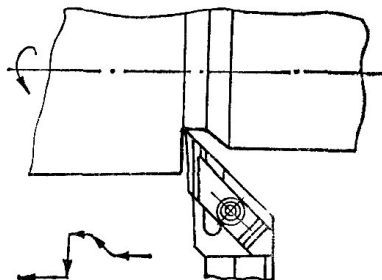


Рис. 40. Схема наружного обтачивания с одновременным протачиванием зарезьбовой канавки.

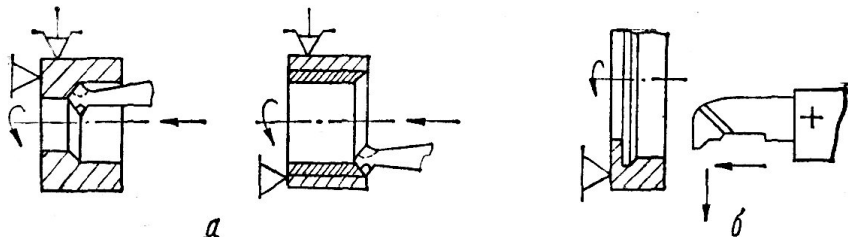


Рис. 41. Многозубые резцы для растачивания отверстия и нарезания резьбы (а) и протачивания внутренней канавки (б).

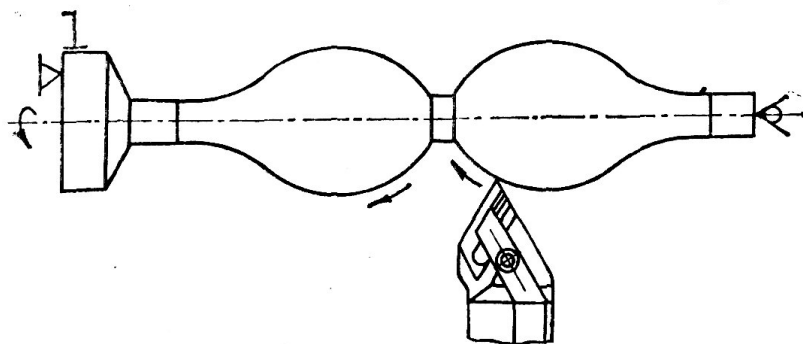


Рис. 42. Схема обработки двух деталей из одной заготовки по общей программе.

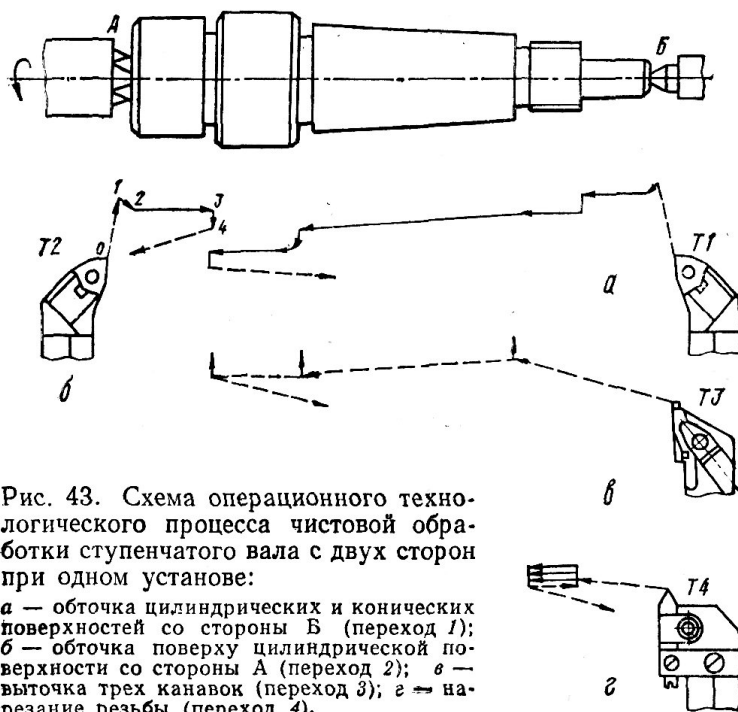


Рис. 43. Схема операционного технологического процесса чистовой обработки ступенчатого вала с двух сторон при одном установе:

а — обточка цилиндрических и конических поверхностей со стороны Б (переход 1);
 б — обточка поверху цилиндрической поверхности со стороны А (переход 2);
 в — выточка трех канавок (переход 3);
 г — нарезание резьбы (переход 4).

одном установе, применяя левые резцы и поводковую оправку (рис. 43). Следует также применять методы групповой обработки однотипных деталей по общей программе, практиковать многостаночное обслуживание рабочих мест.

Управляющая программа токарной обработки должна обеспечить надежное стружколомание в процессе резания, особенно при обработке вязких сталей (нержавеющей, жаропрочной и др.), дающих сливную стружку. Обычно стружколомание осуществляется при помощи стружколомающей канавки или уступа на передней поверхности резца в сочетании с подбором режимов резания. На токарных станках с ОПУ стружколомание может быть обеспечено также следующим образом: программированием прерывистой подачи на черновых рабочих ходах с периодическими кратковременными остановками либо периодическим увеличением и уменьшением подачи в процессе одного рабочего хода; перемещением резца с периодическим колебательным движением в направлении подачи на коротких участках траектории, что уменьшает ширину стружки в отдельных местах и способствует ее дроблению; проточкой на поверхности детали перед чистовым рабочим ходом спиральной канавки на глубину, которая на 0,05—0,06 мм меньше припуска на чистовую обработку (угол подъема спирали в этом случае составляет не более 6°, чтобы не было «затираания» на задней поверхности резца); при протачивании канавок чтобы избежать широкой стружки, целесообразно расчлнять припуск на короткие участки и срезать его слоями.

РАЗРАБОТКА УП ДЛЯ ОБРАБОТКИ Тел ВРАЩЕНИЯ НА ТОКАРНОМ СТАНКЕ 16К20Т1.02 с ОПУ НЦ-31

3

● Глава

1. КОДИРОВАНИЕ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ

Механизмы токарного станка с ОПУ функционируют под действием команд УП, задаваемых специальным кодом, т. е. совокупностью буквенных и цифровых символов, посредством которых информация может быть представлена в форме, удобной для передачи на расстояние.

Система кодирования обеспечивает наглядность, возможность легкого чтения кода и обнаружения ошибок по расположению отдельных его элементов. Управляющая программа записывается в виде последовательности кадров, представляющих собой законченные по смыслу фразы на языке кодирования технологической, геометрической и вспомогательной информации. В УП могут быть выделены главные кадры, характеризующие начальную информацию об условиях обработки.

Б. Значения символов адресов

Символ адреса	Значение
<i>N</i>	Номер кадра
<i>X</i>	Поперечное направление
<i>Z</i>	Продольное направление
<i>P</i>	Параметры станка и циклов обработки
<i>S</i>	Частота вращения шпинделя или скорость резания
<i>T</i>	Позиция инструментальной головки (Т1 — Т6)
<i>F</i>	Подача или шаг резьбы
<i>G</i>	Подготовительная (технологическая) функция
<i>M</i>	Вспомогательная функция.

Составной частью кадра, содержащей данные о параметре процесса обработки и другие данные по выполнению управления, является слово, а главной его частью — адрес, определяющий назначение следующих за ним данных. Составными частями слова являются символы. Первый символ слова — буква латинского алфавита, обозначает адрес. Последующими числовыми символами записывается числовая информация. Значения символов адресов приведены в табл. 5.

Перед каждым кадром указывается его номер, который задается адресом *N*, например: *N3*, *N65*, *N215*. Рекомендуется применять упорядоченную последовательность возрастания номеров кадров, но при необходимости корректировки в программу могут вводиться кадры под любым номером до *N999*.

«Подготовительная (технологическая) функция», которая определяет режим работы устройств ОПУ, задается адресом *G* и двузначным числом (00—99). Значения подготовительных функций для устройств ОПУ НЦ-31 приведены в табл. 6.

В каждом кадре, относящемся к функции *G* (кроме последнего), ставят «звездочку» и вводят в память ЭВМ соответствующей клавишей на пульте.

6. Значения подготовительных функций

Обоз- наче- ние	Значение
G02	Обработка дуги менее 90° (по часовой стрелке)
G03	Обработка дуги менее 90° (против часовой стрелки)
G04	Выдержка времени
G12	Обработка четверти окружности по часовой стрелке
G13	Обработка четверти окружности против часовой стрелки
G25	Повторение частей программы обработки
G31	Многопроходный цикл резьбонарезания
G32	Однопроходный цикл резьбонарезания
G33	Цикл нарезания резьбы метчиком или плашкой
G70	Однопроходный цикл продольной обработки
G71	Однопроходный цикл поперечной обработки
G73	Цикл глубокого сверления
G74	Многопроходный цикл протачивания торцевых канавок
G77	Многопроходный цикл протачивания продольной обработки
G78	Многопроходный цикл поперечной обработки
G85	Многопроходный цикл протачивания канавок на цилиндрической поверхности
G92	Автоматическое смещение нулевой точки
G96	Задание частоты вращения, об/мин
G97	Функция задания скорости резания, м/мин

По адресу *M* («Вспомогательная функция») задают команды исполнительным органам станков с ОПУ. Значения вспомогательных функций приведены в табл. 7.

7. Значения вспомогательных функций

Обозначение	Значение
M00	Останов УП
M3	Правое вращение шпинделя (против часовой стрелки)
M4	Левое вращение шпинделя (по часовой стрелке)
M5	Останов шпинделя
M8	Включение охлаждения
M9	Выключение охлаждения
M30	Конец УП обработки
M36	Зеркальная отработка программы по оси Z
M38, M39, M40	Диапазоны частот вращения шпинделя

2. УСТРОЙСТВО ОПУ «ЭЛЕКТРОНИКА НЦ-31»

Устройство числового оперативного программного управления «Электроника НЦ-31» предназначено для управления универсальным токарным станком, снабженным следящими приводами и фотоэлектрическими импульсными измерительными преобразователями. Оно построено на базе микропроцессора, имеет постоянную память для хранения системных программ и оперативную память для хранения программ обработки деталей.

Ввод программ обработки производится с пульта оператора или с кассеты электронной памяти, а вывод отлаженных программ и их загрузка в данный станок или станок другой модели с таким же устройством ОПУ — с помощью кассеты электронной памяти. Специальные программы, размещенные в постоянной памяти устройства ОПУ, преобразуют введенную программу обработки в программу управления станком. Процесс перевода осуществляется автоматически. Язык описания программы обработки позволяет на основании чертежа быстро составлять УП обработки детали. Поадресное редактирование программы обработки включает в себя просмотр, исключение, добавление и замену кадров. Интерполяция геометрической информации — линейная и круговая.

С помощью автоматического или ручного управления от пульта станка осуществляют поиск кадра, начальную установку (сброс), ввод и размещение программ обработки в оперативной памяти, их редактирование, вывод, проверку выполнения программ обработки без перемещения органов управления, ручное управление исполнительными органами станка и электроавтоматикой, работу в однопроходных и многопроходных (продольных и поперечных) автоматических циклах (в том числе многопроходное нарезание резьбы), обработку по дуге окружности, повторение части программы заданное число раз, коррекцию зазоров звеньев кинематики станка, смещение инструмента (ручное от маховичка и по программе), изменение скорости подач в автоматическом режиме.

Техническая характеристика ОСУ «Электроника НЦ-31» приведена ниже:

Дискретность задания геометрической информации, мм	
по оси X (на диаметр)	0,01
по оси Z	0,01
Наибольшая величина перемещений, задаваемых в кадре, мм	
9999,99	
Диапазон рабочих подач, мм/об	
0,01—40,95	

Максимальная подача, мм/мин	
резьбонарезание	7000
автоматическая обработка	5000
ускоренное перемещение	10 000
Габаритные размеры, мм	483×335×300
Габаритные размеры блока питания, мм	344×250×175
Масса (с блоком питания), кг, не более	40

Информация задается в абсолютных и относительных размерах.

Пульт управления токарного станка с ОПУ НЦ-31 (рис. 44) имеет ряд клавиш и индикаторов. Назначения клавиш приведены в табл. 8. Над некоторыми клавишами помещены сигнальные лампы, индицирующие работу данной клавиши. Пульт включает в себя следующие циф-

8. Клавиатура панели НЦ-31 (см. рис. 44)

Номер клавиши	Символ	Назначение клавиши
---------------	--------	--------------------

Управление рабочими перемещениями суппорта в ручном режиме (зона I)

- | | | |
|---|--|--|
| 1 |  | Поперечное перемещение РО и индикация положения по оси X; при нажатии на клавишу в случае вращения ручного маховика суппорт перемещается в поперечном направлении, а при нажатии на клавишу во время автоматической обработки программы на цифровом индикаторе выдается информация о положении суппорта по оси X |
| 2 |  | То же, по оси Z; после первого нажатия клавиши 1 и 2 остаются включенными, горит соответствующая сигнальная лампочка; клавиши и сигнальные лампочки выключаются после повторного нажатия |

Управление толчковым перемещением суппорта в ручном режиме

Перемещение на рабочей подаче и быстром ходу по осям:

- | | | |
|---|---|--------------------------|
| 3 |  | —X (к оси точения) |
| 4 |  | —Z (к шпиндельной бабке) |
| 5 |  | +X (от оси точения) |

Номер клавиши	Символ	Назначение клавиши
6		+Z (от шпиндельной бабки)
7		Включение быстрого перемещения по направлениям —X, +X, —Z, +Z; клавиша действует только в том случае, если при нажатии на нее одновременно нажимают на одну из четырех клавиш (3, 4, 5, 6) толчкового перемещения
<i>Управление работой системы (зона 2)</i>		
8		Гашение состояния «Внимание» и команд, которые не должны дорабатываться до конца (клавиша без сигнальной лампочки)
9		Задание режима отработки программы без перемещения суппорта для контроля по индикатору III (см. рис. 44)
10		Задание режима покадровой отработки УП
11		Задание режима работы от маховичка
12		Управление движениями суппорта в ручном режиме
13		Задание автоматического режима
14		Вывод на индикатор III (см. рис. 44) введенных в память кадров УП и параметров станка
15		Ввод (запоминание) кадров УП и параметров станка в устройство ОПУ
16		Задание режима размерной привязки инструмента
17		Останов выполнения УП или отдельного цикла
18		Запуск УП или отдельного цикла в автоматическом режиме и выполнение технологических команд в режимах «Ручной» и «Маховичок»

Номер клавиши	Символ	Назначение клавиши
19		Ввод в память или вывод на индикацию кадров или параметров станков в режимах, установленных клавишами вывода на индикацию и ввода кадров УП (сигнальная лампочка используется для индикации признака «звездочка» и включения (подачи в ручном режиме)
<i>Задание технологических команд, геометрической информации и служебных знаков в УП (зона 3)</i>		
20		Ввод признака относительной системы отсчета (признак действует до отмены, т. е. до повторного нажатия этой клавиши, в режиме ручного управления клавиша вызывает подрежим выхода в фиксированную точку)
21		Ввод признака быстрого хода
22		Деблокировка памяти в режиме ввода (с сигнальной лампочкой)
23		Разрешение на ввод и индикацию параметров системы (с сигнальной лампочкой)
24--33		Задание технологических команд УП Ввод признака снятия фаски под углом «+» 45°
34		Ввод признака снятия фаски под углом «-» 45°
35		Ввод признака «звездочка», указывающего на вхождение кадра в группу
36	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	Задание числовых значений при технологических командах и геометрической информации УП
37		Ввод «минус» перед числовой информацией
38		Сброс набранных на пульт буквенных адресов, чисел или признаков до ввода их в память

Примечания: 1. Затемненные клавиши на пульте красного цвета.

2. Нумерация клавиш условная.

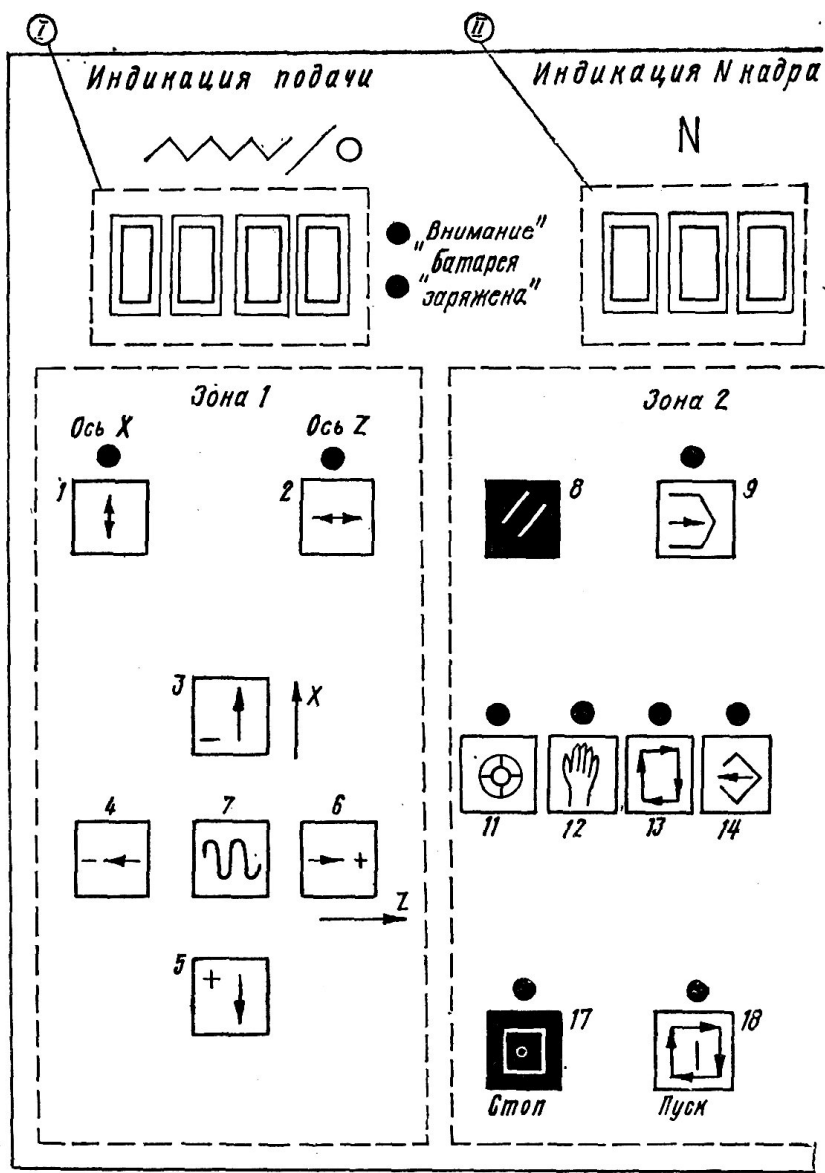


Рис. 44. Схема клавиатуры пульта управления токарного стан

ровые индикаторы: I — левый, четырехразрядный, который служит для индикации заданного значения подачи в сотых долях миллиметра на оборот шпинделя (например, подача 0,2 мм/об индицируется числом 20); II — средний, трехразрядный — для индикации номера кадра VII; III — правый, семиразрядный буквенно-цифровой, состоящий из 6 цифровых разрядов, индикатора знака «+» или «—» и 8 лампочек индикации буквенных

На пульте помещены три зоны клавишей. Набор из 7 клавиш в левой части пульта (*зона 1*) служит для управления перемещениями суппорта в ручном режиме, набор из 12 клавиш (*зона 2*) — для выбора режимов работы и управления работой системы, набор из 28 клавиш в правой части пульта (*зона 3*) — для ввода буквенно-цифровой информации. Требуемый режим задается нажатием клавиши, при этом предыдущий режим отменяется. Лампочка над клавишей сигнализирует о разрешении работы в данном режиме.

Составление и ввод УП для обработки деталей производится оператором непосредственно на клавиатуре пульта станка с использованием буквенных адресов и цифровой нумерации функций. Управляющая программа записывается начиная с кадра *N0* и далее отдельными строками рукописи, или на специально подготовленных бланках в табличной форме. Необходимые коррективы по результатам обработки первой детали вводят в программу (изменяют исходные данные).

3. ПРОГРАММИРОВАНИЕ СКОРОСТИ ГЛАВНОГО ДВИЖЕНИЯ И ПОДАЧИ

Привод станка обеспечивает бесступенчатое регулирование частот вращения шпинделя в пределах диапазона (см. табл. 1). Диапазон задается следующими вспомогательными функциями: первый диапазон (22,4—355 об/мин) — *M38*; второй диапазон (63—900 об/мин) — *M39*; третий диапазон (160—2240 об/мин) — *M40*.

Скорость главного движения задается функцией *S*. Частоту вращения шпинделя можно задавать с помощью функции *G97* и числовых значений частот вращения шпинделя. Например, если необходимо задать частоту вращения шпинделя, равную 680 об/мин, то УП имеет следующий вид:

...*N8 M3* Левое вращение шпинделя

N9 M39 Второй диапазон частот вращения

N10 G97 Режим задания в оборотах в минуту

N11 S680 n = 680 об/мин.

Режим *G97* устанавливается автоматически.

Скорость шпинделя можно задавать также с помощью функции *G96* в числовых значениях скорости резания, допускаемой режущими свойствами инструмента (в метрах в минуту). После функции *G96* в УП записывают следующие кадры с помощью функции *P*.

P₁ — ограничения максимальной частоты враще-

ния шпинделя ($n_{\max}$); P_2 — ограничение минимальной частоты вращения шпинделя ($n_{\min}$). Значения P_1 и P_2 сохраняются в памяти до повторного программирования функции G96 с новыми значениями P_1 и P_2 .

Если после задания скоростного режима в метрах в минуту по функции G96 нужно перейти к заданию частоты вращения в оборотах в минуту, то перед функцией S записывают функцию G97.

Если необходимо проточить торец диска при переходе с $\varnothing 20$ на $\varnothing 250$ мм (рис. 45) со скоростью резания $V = 110$ м/мин резцом T15K6, то для этого определяют

$$n_{\max} = 1000V/\pi D_{\min} = 1000 \cdot 110/\pi \cdot 20 = 1750 \text{ об/мин (мин}^{-1}\text{)};$$

$$n_{\min} = 1000V/\pi D_{\max} = 1000 \cdot 110/\pi \cdot 250 = 140 \text{ об/мин (мин}^{-1}\text{)}.$$

Запись фрагмента УП:

```
...N10 M3
      N11 M40
      N12 G96
      N13 S110
      N14 P1750
      N15 P140...
```

По мере перемещения резца от $D_{\min}$ до $D_{\max}$ частота вращения плавно изменяется от $n_{\max}$ до $n_{\min}$, чем обеспечивается постоянство скорости резания. Если подрезание торца происходит до центра детали ($D_{\min} = 0$), то $n_{\max}$ принимается как $n_{\max}$ данного диапазона. Например, если $D_{\max} = 300$ мм, $D_{\min} = 0$ мм; $V = 80$ м/мин, то $n_{\min} = 1000 \cdot 80/\pi \cdot 300 = 85$ об/мин. Принимают 2-й диапазон частоты вращения шпинделя. В этом диапазоне $n_{\max} = 900$ об/мин.

Запись фрагмента УП имеет следующий вид:

```
...N18 M3
      N19 M39
      N20 G96
      N21 S80      V = 80 м/мин
      N22 P900      $n_{\max} = 900$  об/мин
```

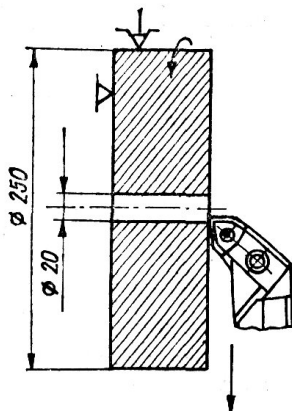


Рис. 45. Схема обработки диска по торцу с постоянной скоростью резания $V = 110$ м/мин.

Подачу задают в миллиметрах на оборот постоянным параметром № 3 группы G, который вводится в память ЭВМ при первичной наладке станка.

Величину подачи устанавливают функцией F . Число после функции равно величине подачи в миллиметрах на оборот, умноженной на 100 (дискретность 0,01). Например, подачу $s = 0,3 \text{ мм/об}$ задают функцией $F30$; подачу $s = 1,5 \text{ мм/об}$ — $F150$.

В случаях линейной интерполяции одновременно по двум осям и круговой интерполяции дискретность составляет 0,0001. Это означает, что после функции F записывают число, равное величине подачи, умноженной на 10 000. Например, подачу $s = 0,25 \text{ мм/об}$ задают функцией $F2500$.

4. ПРОГРАММИРОВАНИЕ ОДНОИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ

Инструментальная головка станка 16220T1.02 может занимать шесть позиций (номера позиций наклеены на торце головки). Поворот резцедержателя для установки необходимого инструмента в рабочей позиции осуществляется по функции T с однозначным числом. Например, $T1$, $T3$, $T6$.

Линейные перемещения программируют, как правило, в абсолютной системе, т. е. указывают координаты конечной точки участка траектории с учетом дискретности 0,01. Например, перемещение до точки с координатами $X = 40 \text{ мм}$ (на диаметр), $Z = -50 \text{ мм}$ (рис. 46) выполняют по следующей программе:

...N6 X 40 00

N7 Z -50 00.

Знак направления движения «+» не указывается. Перемещение будет осуществляться только при условии, что в одном из предыдущих кадров задана подача F (...N4 F25).

Перемещение на быстром ходу задают символом $\sim$, который может стоять впереди или в конце кадра.

Одновременное движение по двум координатам задают двумя кадрами. В конце первого кадра ставят «звездочку». Этому символу соответствует клавиша 35 на пульте управления (см. рис. 44).

При быстром подходе к точке рекомендуется вначале задавать координаты Z , а затем — X . При отходе — наоборот.

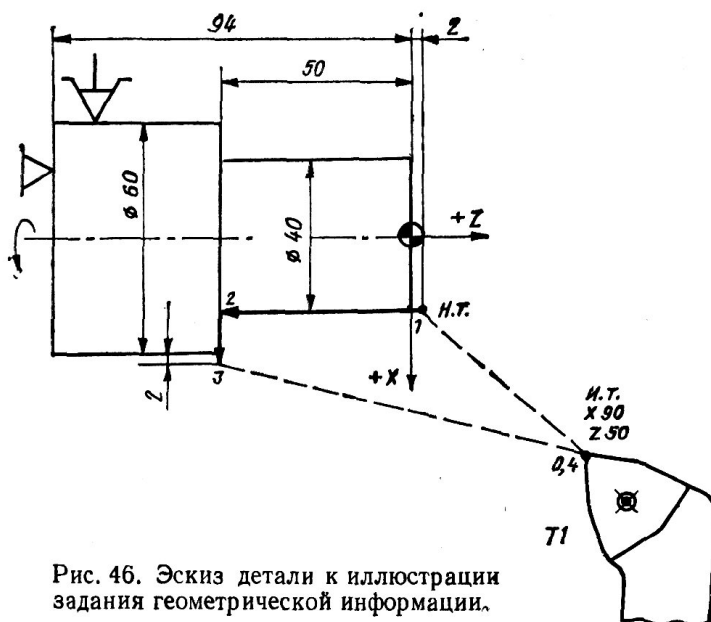


Рис. 46. Эскиз детали к иллюстрации задания геометрической информации.

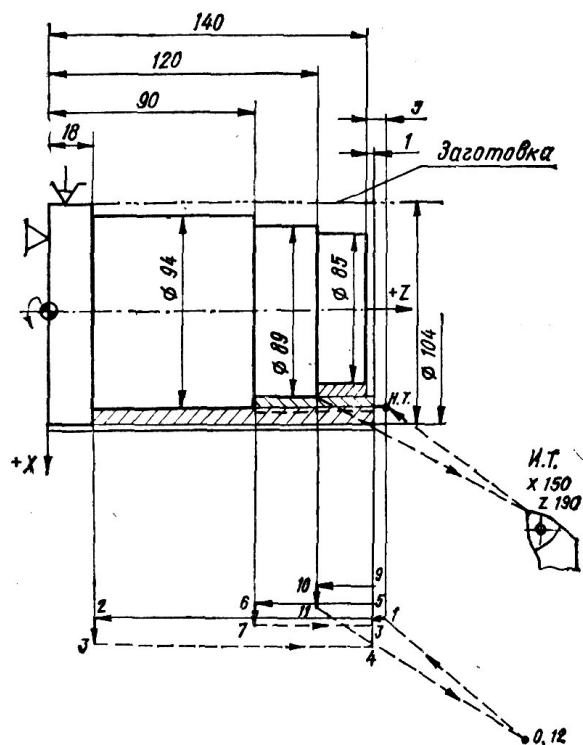


Рис. 47. Эскиз детали, совмещенный со схемой наладки, и циклограмма для разработки УП в абсолютной системе.

Запись управляющей программы в абсолютной системе для однопроходного обтачивания детали типа палец (см. рис. 46) при $s = 0,25$ мм/об, $n = 600$ об/мин и координатах исходной точки $X = 90$, $Z = 50$ имеет такой вид:

N0 T1 Инструмент в позиции 1
 N1 M3 Левое вращение
 N2 M40 Третий диапазон
 N3 S600 $n = 600$ об/мин
 N4 F25 $s = 0,25$ мм/об
 N5 ~ Z200* } Быстрый подход к н. т. одновременно
 N6 X4000 } по осям X и Z
 N7 Z—5000 Обтачивание $\varnothing 40$ на длине 50 мм
 N8 X6400 Отвод на $\varnothing 64$ с подрезанием уступа
 N9 X9000~ } Быстрый отход в и. т. по осям X и Z
 N10 Z5000~ }
 N11 M5 Останов шпинделя
 N12 M30 Конец программы.

Для составления УП обработки ступенчатого вала из заготовки $\varnothing 100$ мм, $L = 140$ мм (рис. 47) в абсолютной системе исходная точка принимается на длине 190 мм и на диаметре 150 мм ($X15000$, $Z19000$), т. е. она удалена от заготовки на 50 мм по длине и на 25 мм от наружной поверхности, что обеспечит безопасность при смене заготовки. Циклограмма движения вершины резца показана на схеме (рис. 47, б). Запись УП:

N0 T1 Инструмент в позиции 1
 N1 M3 Левое вращение шпинделя
 N2 M40 } $n = 600$ об/мин (третий диапазон вращения)
 N3 S600 }
 N4 F30 $S = 0,3$ мм/об
 N5 ~ Z14500 } Подход резца на быстром ходу в точку с координатами $Z = 145$ мм по длине (т. е. не доходя до детали на 5 мм), $X = 94$ мм (начальная точка рабочей траектории)
 N6 ~ X9400 }
 N7 Z1800 Перемещение на рабочей подаче по оси Z
 обтачивание третьей ступени вала ($\varnothing 94$)
 N8 X10400 Отвод на рабочей подаче от заготовки по оси X до $\varnothing 104$ мм (доработка уступа)
 N9 Z14100 Отход на быстром ходу по оси Z на 1 мм от торца заготовки
 N10 X8900 Подвод до $\varnothing 89$ (второй ступени вала)

N11 Z9000	Перемещение на рабочей подаче по оси Z до координаты 90 мм, обработка второй ступени вала
N12 X9500	Отвод на рабочей подаче от заготовки по оси X до $\varnothing$ 95 мм
N13 Z14100~	Отход на быстром ходу по оси Z (за 1 мм до заготовки)
N14 X8500	Подвод до $\varnothing$ 85 мм (первой ступени вала)
N15 Z12000	Перемещение на рабочей подаче по оси Z до координаты 120 мм, обработка третьей ступени вала
N16 X9000	Отвод на рабочей подаче от заготовки по оси X до $\varnothing$ 90 мм
N17 ~ X15000	Быстрый отвод в исходную точку по оси X
N18 ~ Z19000	Быстрый отход в исходную точку по оси Z
N19 M5	Останов шпинделя
N20 M30	Конец программы.

Для программирования обработки деталей с последовательной простановкой размеров более рационально принять относительную систему отсчета, при которой задаются не координаты конечных точек участка, а расстояние между точками начала и конца каждого участка.

Сразу после номера кадра или после геометрической информации (т. е. данных об отрезке траектории) при программировании в относительной системе отсчета записывается символ $\rightarrow\rightarrow\rightarrow$, которому соответствует клавиша 20 на пульте с таким же символом (см. рис. 44).

Запись фрагмента УП в относительной системе для детали (см. рис. 46) с отличием после кадра N4 приведена ниже:

...N5 Z — 4800 $\rightarrow\rightarrow\rightarrow$	} подход к н. т.
N6 X — 5000 $\rightarrow\rightarrow\rightarrow$	
N7 Z — 5200 $\rightarrow\rightarrow\rightarrow$	} рабочий ход к т. 2
N8 X — 2400 $\rightarrow\rightarrow\rightarrow$	
N9 X2600 $\rightarrow\rightarrow\rightarrow$	} отход в и. т.
N10 Z10000 $\rightarrow\rightarrow\rightarrow$	
N11 M5	
N12 M30.	

При составлении УП в относительной системе для детали, показанной на рис. 47, нуль детали (0_д) принимают в центре правого торца. Припуск равномерный, обработка чистовая (рис. 48).

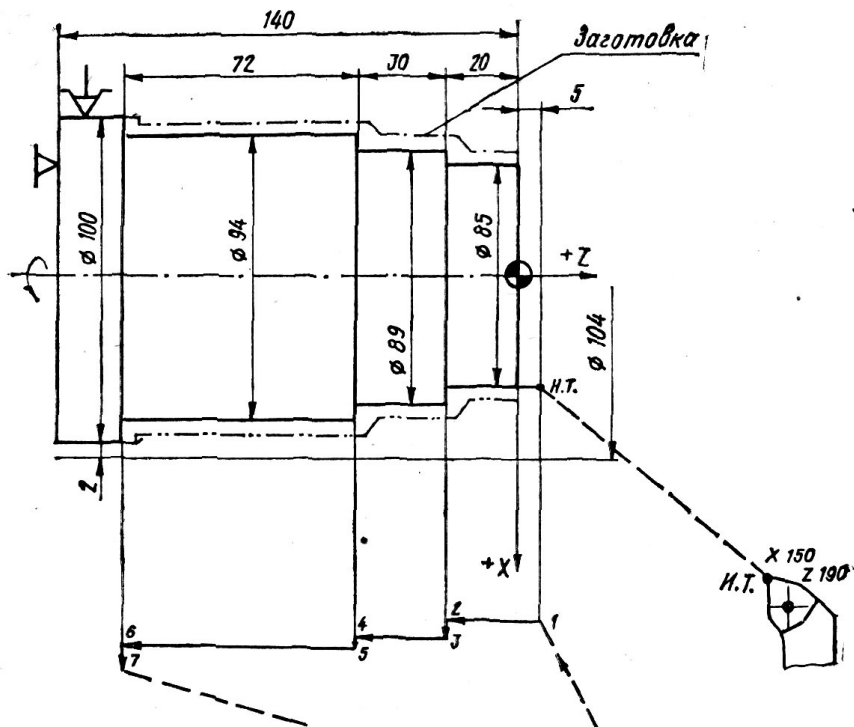


Рис. 48. Эскиз детали, совмещенный со схемой наладки, и циклограмма для разработки программы в относительной системе.

Первые четыре кадра УП такие же, как для программы, заданной в абсолютной системе. Далее идут кадры

...N5 X8500~*	} Подход на быстром ходу в точку с координатами X85, Z5 (н. т.)
N6 Z500	
N7 Z — 2500→→	Обработка первой ступени (Ø 85)
N8 X400→→	Переход на вторую ступень (Ø 89)
N9 Z — 3000→→	Обработка второй ступени (Ø 89)
N10 X500→→	Переход на третью ступень (Ø 94)
N11 Z — 7200→→	Обработка третьей ступени (Ø 94)
N12 X800→→	Отвод до Ø 104 ...

5. ОДНОПРОХОДНЫЙ АВТОМАТИЧЕСКИЙ ЦИКЛ ПРОДОЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ G 70

Однопроходная обработка по цилиндрической поверхности может быть задана в автоматическом цикле с помощью подготовительной функции G70. Схема цикла показана на рис. 49.

Структура цикла имеет следующий вид: ~G70*, X* (или X→→)*, Z* (или Z→→)*, F, где ~ — знак уста-

новки резца на глубину резания на быстром ходу (при отсутствии этого знака установка на глубину происходит на рабочей подаче); X и Z — координаты конечной точки рабочего хода.

Дискретность F составляет 0,0001, т. е. величину подачи умножают на 10 000 ($s = 0,3$, $F3000$). Если подачу F в цикле не указывают, то действует подача, заданная до цикла.

После окончания цикла резец выходит в точку начала цикла. Для обработки детали (см. рис. 46) в автоматическом цикле G70, УП имеет вид

N1 T1	
N2 M3	
N3 M40	
N4 S600	
N5 F30	
N6 X4000~*	} н. т.
N7 Z200	
N8~G70*	} цикл G70
N9 X4000*	
N10 Z—5000	
N11 X9000~	} и. т.
N12 Z5000~	
N13 M5	
N14 M30.	

Если обрабатывается ступенчатая деталь в автоматическом однопроходном цикле, то функцию G70 задают для каждой ступени (см. рис. 48).

Запись УП:

N1 T1	
N2 M3	
N3 M40	
N4 S500	
N5 F30	
N6 Z500~	} н. т.
N7 X10000~	
N8 G70*	
N9 X8500*	Первый рабочий ход $\varnothing 85$

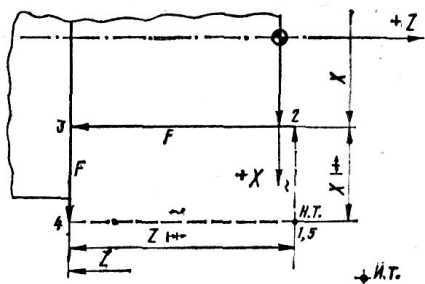


Рис. 49. Схема структуры однопроходного продольного автоматического цикла G70 без скоса.

N20 M30.

Третий рабочий ход Ø 94

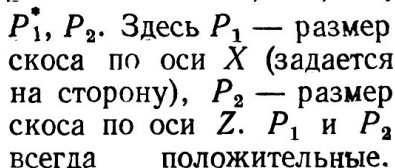
$$\text{дят} \sim G70^* X^*, Z^*, F^*,$$


Рис. 50. Схема структуры однопроходного продольного цикла G70 со скосом.

Дискретность 0,01. Например, если размер скоса $P_1 = 18$ мм; $P_2 = 5$ мм, фрагмент УП имеет следующий вид:

$$N_{\dots}$$

6. ОДНОПРОХОДНЫЙ АВТОМАТИЧЕСКИЙ ЦИКЛ ПОПЕРЕЧНОЙ ОБРАБОТКИ G 71

При составлении УП снятия припуска в поперечном направлении применяют автоматический цикл, который задается с помощью функции G71. По этому циклу обеспечивается автоматическое подрезание торца с выходом до точки 4 на рабочей подаче и отводом до точки 1 (н. т.) на быстром ходу (рис. 51). Например, необходимо подрезать торец $\varnothing 250$ до $\varnothing 20$ при глубине резания 5 мм за один рабочий ход с обтачиванием цапфы $\varnothing 20$. Постоянная скорость резания 110 м/мин.

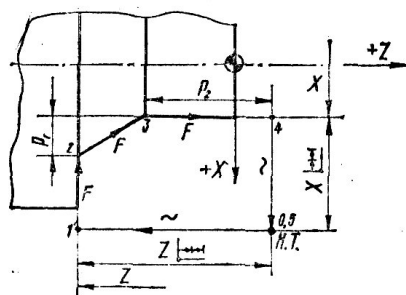


Рис. 51. Схема структуры однопроходного цикла поперечной обработки G71.

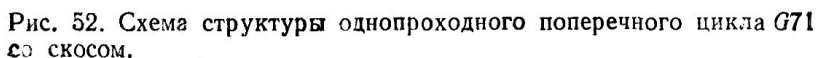


Рис. 53. Эскиз детали к иллюстрации программирования многопроходной продольной обработки ступенчатого вала по циклу G74

Запись УП имеет следующий вид:

 $N1 \quad T1$

N2 M3

N3 M40

*N4 G96**

N5 S110*

N6 P1750*

N7 P140

N8 F20

N9 X25400~*)

N10 Z200

M11 G71*

M11 G71
M19 Y900

N12	λ200
N12	7

N13 Z-3

N14 X300

N15 Z2500

N16 M5

N17 M30.

$$V_{\text{пост}} = 110 \text{ м/мин}$$

Подход к н. т.

Цикл G71

Отход в и. т.

Если на торце детали задан скос, то цикл имеет вид $\sim G71^*$, $X^* (X \rightarrow \rightarrow)^*$, $Z^* (Z \rightarrow \rightarrow)^*$, F^* , P_1^* , P_2^* (рис. 52), где F — подача в цикле (дискретность 0,0001), P_1 и P_2 размеры скоса по осям X и Z (дискретность 0,01).

Знак $\sim$ указывает на ускоренный подход по оси Z от точки 1 (н. т.) до точки 2.

Если деталь, показанная на рис. 53, имеет скосы по X 2 мм и по Z 3 мм, то в предыдущей программе в абсолютной системе кадры, относящиеся к функции $G71$, записываются следующим образом:

```
...N11~G71*
    N12 X2000*
    N13 Z—500*
    N14 P200*
    N15 P300...
```

7. МНОГОПРОХОДНЫЙ АВТОМАТИЧЕСКИЙ ЦИКЛ ПРОДОЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ G 77

Большой припуск срезают за несколько рабочих проходов. Каждый рабочий ход и последующий возврат задают по схеме «спираль» отдельными кадрами.

На рис. 53 представлен чертеж детали типа валик. Заготовка выполнена из проката $\varnothing 120$. Требуется произвести обточку хвостовика до $\varnothing 70$ мм. Припуск на сторону составляет $(120-70)/2 = 25$ мм, следовательно, принимают пять рабочих ходов с глубиной резания 5 мм.

Запись УП имеет следующий вид:

```
N0 T2
N1 M3
N2 M40}
N3 S500}
N4 F35
N5 Z9200~ }
N6 X11000~ } н. т.
N7 Z5050 Первый рабочий ход
N8 X11400
N9 Z9200~
N10 X10000
N11 Z5050 Второй рабочий ход
N12 X10400
N13 Z9200~
N14 X9000
```

N15 Z5050 Третий рабочий ход
 N16 X9400
 N17 Z9200~
 N18 X8000
 N19 Z5050 Четвертый рабочий ход
 N20 X8400
 N21 Z9200
 N22 X7000
 N23 Z5000 Пятый рабочий ход
 N24 X12400 Зачистка торца
 N25 X18000~
 N26 Z15000~ } Отход в и. т.
 N27 M5
 N28 M30.

Программа содержит 28 кадров. Если применять однопроходные циклы G70, то объем программы сократится на три кадра.

Обработку можно значительно ускорить, задавая УП по автоматическому многопроходному циклу G77, который показан на рис. 54

(без скоса) и рис. 55 (со скосом), имеет структуру $\rightarrow\rightarrow G77^*, X^* (X\rightarrow\rightarrow)^*, Z (Z\rightarrow\rightarrow)^*, F^*, P_1, P_2,$

$\rightarrow\rightarrow$ — символ признака, указывающий на возврат РО после окончания цикла в начальную точку последнего рабочего хода (точка B); если символ признака опущен, то по окончании цикла инструмент воз-

вращается в начальную точку цикла (н. т.); X — конечный диаметр или общая величина припуска по X ; Z — координата конечной точки прохода или длина прохода по оси Z ; F — рабочая подача; P_1 — припуск на первый рабочий ход; P_2 — величина скоса по оси Z , P_1 и P_2 — всегда положительны, отсутствие P_2 указывает на работу без скоса.

Запись УП многопроходной обработки детали (см. рис. 53) приведена ниже:

N0 T2 Вторая позиция инструмента
 N1 M3 Включение левого вращения
 N2 M40 }
 N3 S500 } ($n = 500$ об/мин, третий диапазон)
 N4 F35 Подача $s = 0,35$ мм/об

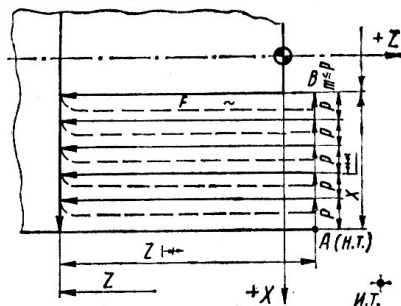


Рис. 54. Схема структуры многопроходного продольного цикла G77.

Газомодна

120

96

52

22.8

20

80

100

170

120

H.T. 1

H.T. 2

H.T. 3

X 180

Z 150

X

Z

9. Управляющая программа для обработки детали типа диск

N	G	*	P	~	X	Z	→→	±45	P	M
0										
1										3
2										40
3	96	*								
4		*							700	
5		*							140	
6										
7			25							
8				~		4700				
9				~	12 400					
10	78	*								
11		*			1800					
12		*				3000				
13									300	
14				~	20 000					
15				~	10 000					
16										5
17										30

S	T	Пояснения
3		Инструмент в позиции 3
		Левое вращение
		3-й диапазон
		Постоянная скорость резания
		$n_{\text{макс}} = 700$ об/мин
		$n_{\text{мин}} = 140$ об/мин
90		$V_{\text{пост}} = 90$ м/мин
		Подача 0,25 мм/об
		Быстрый подход на $Z = 47$ мм, $X = 124$ мм
		Автоматический поперечный цикл
		$D_{\text{мин}} = 18$ мм
		Координата по Z 30 мм
		Глубина резания $t = 3$ мм
		Быстрый отход в и. т. $X = 200$ мм
		$Z = 100$ мм
		Останов вращения шпинделя
		Конец программы

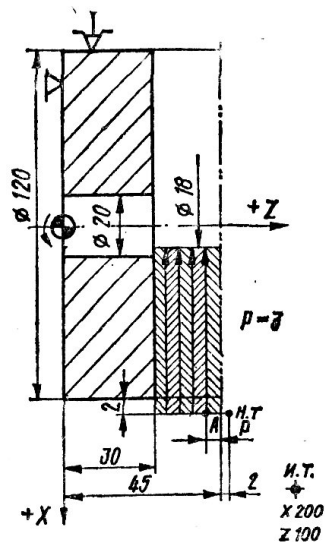


Рис. 57. Пример многопроходного поперечного цикла G78.

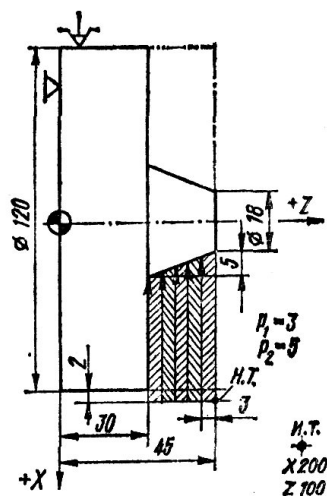


Рис. 58. Пример многопроходного поперечного цикла G78 со скосом.

N5 P140*
 N6 S90
 N7 F25
 N8 Z4700~
 N9 X12400~
 N10 G78*
 N11 X1800*
 L12 Z3000*
 N13 P300
 N14 X2000~ } и. т.
 N15 Z10000~ }
 N16 M5
 N17 M30.

После многопроходной обработки торца по функции G78 инструмент возвращается в точку подхода к детали А (X204, Z47).

Автоматический цикл обработки торца со скосом задают, вводя второй параметр *P*, равный недоходу до конечной координаты *X* при последнем рабочем ходе. Например, в случае, если скос по оси *X* равен 5 мм, при *t* = 3 мм (рис. 58), после кадра 13 УП имеет следующий вид:

...N10 G78*
 N11 X1800*
 N12 Z3000*
 N13 P300*
 N14 P1000 скос (5 мм по оси *X*)
 N15 X2000~ } и. т.
 N16 Z10000~ }

9. ПРОГРАММИРОВАНИЕ ОБРАБОТКИ КОНИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Обработка конических поверхностей осуществляется одновременным движением резца по двум осям. Для этого задают координаты конечной точки образующей конической поверхности, т. е. диаметр по оси *X* и длину по оси *Z*. Первый кадр записывают со звездочкой.

Резец предварительно подводят по программе к точке начала обработки конуса.

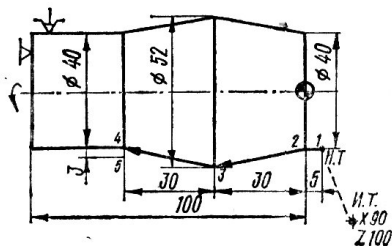


Рис. 59. Пример программирования обработки конических поверхностей.

Запись УП для обработки конусов (рис. 59) при $s = 0,25$ мм/об, $n = 600$ об/мин приведена ниже:

N0	T1	
N1	M3	
N2	M40	
N3	S600	
N4	F25	
N5	Z500~	} н. т.
N6	X4000	
N7	Z0	
N8	X5200*	} или Z — 3000* X5200
N9	Z — 3000	
N10	X4000*	} или Z — 6000* X4000
N11	Z — 6000	
N12	X4600	
N13	X9000~	} н. т.
N14	Z10000~	
N15	M5	
N16	M30.	

При задании УП обработки конусов в относительной системе кадры N8—11 имеют следующий вид:

N8 X1200→→→*
 N9 Z — 3000→→→
 N10 X — 1200→→→*
 N11 Z — 3000→→→

Если вершина резца закруглена по радиусу r , то при переходе от цилиндрической поверхности к конической (или наоборот) следует ввести коррекцию на координату опорной точки конца конического участка (величины их коррекции приведены в прил. 1).

При переходе от цилиндрической поверхности к конической с углом $\alpha = 60^\circ$ резцом с закруглением вершины $r = 1$ мм $K = 0,423$ мм (42 имп.). В случае перехода от торцевой поверхности к конической с углом $\alpha = 35^\circ$, $r = 2$ мм $K_x = 0,958$ мм. На диаметр величина коррекции составит $0,958 \times 2 = 1,916 \approx 1,92$ (192 имп.).

10. ПРОГРАММИРОВАНИЕ СНЯТИЯ ФАСОК ПОД УГЛОМ 45°

Для программирования снятия фаски под углом 45° вначале задают подвод резца по программе к начальной точке фаски, а затем — координаты конечной точки фаски и записывают символы со знаком «+» 45° и со знаком «—» 45° . Знак задается по той координате, адрес которой отсутствует в кадре. Запись УП для снятия

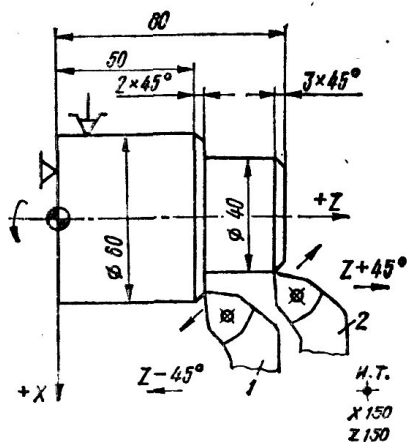


Рис. 60. Пример программирования снятия фасок.

фасок 45° при работе с подачей от оси по X (рис. 60) резцом 1 приведена ниже:

- N0 T1
- N1 M3
- N2 M40
- N3 S600
- N4 F30
- N5 Z5400~
- N6 X5600~
- N7 Z5200
- N8 X6000 — 45°
(или Z5000 + 45°)
- N9 X15000~ } и. т.
- N10 Z15000~ }
- N11 M5
- N12 M30.

В относительной системе запись кадра N8 выглядит следующим образом:

N8 X400→→→ -45° или N8 Z—200→→→ + 45° .

При работе резцом 2 с подачей к оси по X

...N5 Z7800~

N6 X4200~

N7 X4000

N8 X3400 + 45° (или Z8000 — 45°)

В относительной системе отличие будет в кадре N8:
...N8 X600→→→ + 45° или N8 Z300→→→ — 45° .

Фаски под углом, не равным 45° , программируют как конические поверхности.

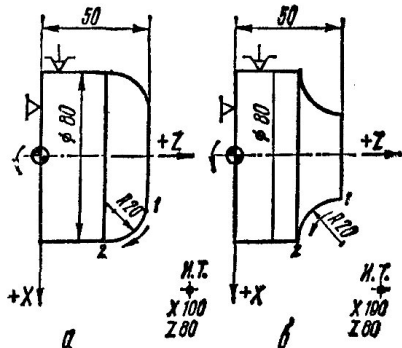
11. ПРОГРАММИРОВАНИЕ ОБРАБОТКИ СФЕРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

В УП для обработки сферических поверхностей задают перемещение резца по дуге, представляющей собой не более четверти окружности. Направление движения резца задается функцией G.

Если дуга охватывает полную четверть окружности (угол 90°), то движение по часовой стрелке (скругление) задается функцией G12, движение против часовой стрелки (галтель) — функцией G13. Аналогично для дуги, охватывающей угол меньше 90° , движение по часовой стрелке задается функцией G2, а против часовой стрелки — функцией G3.

После функций G12 (G13) и первой координаты ставят «звездочку».

Рис. 61. Примеры программирования обработки по дуге окружности в пределах 90° скругления (а), галтели (б).



Для обработки полной четверти окружности резец подводят по программе к начальной точке дуги. Затем задают функцию G12 (G13) и координаты конечной точки дуги по X и Z (либо приращения по осям X и Z в относительной системе). Например, УП для обработки скругления на деталях со сферической поверхностью R20 в четверть окружности (рис. 61) имеет следующий вид:

N6 X4000	} Точка 1	{	N8 G12*	N9 X4000 → → *	N10 Z — 2000 → → →
N7 Z5000					
N8 G12*					
N9 X8000*					
N10 Z3000	или				

и т. д.

В случае обработки вогнутой сферы (галтели) применяют следующую УП:

N6 X4000	} Точка 2	{	N8 G13*	N9 X4000 → → *	N10 Z — 2000 → → →
N7 Z5000					
N8 G13*					
N9 X8000*					
N10 Z3000	или				

и т. д.

Обработку по дуге, лежащей в пределах угла меньше 90°, задают функциями G2 и G3 с последующими четырьмя кадрами: X — координата конечной точки дуги по оси X; Z — то же по оси Z; P₁ — проекция на ось X радиуса, проведенного из центра дуги O_м (начала «местной» системы координат) до точки начала дуги (задается на сторону); P₂ — то же по оси Z.

P всегда имеет положительный знак (рис. 62).

В случае составления УП обработки сферической поверхности R 46,1 мм (рис. 63) при движении резца по дуге 1—2 по часовой стрелке определяют координаты конечной точки дуги относительно центра дуги O_м. По оси X P₁ составляет 35, по оси Z P₂ — 30.

Фрагмент ВП, относящийся к движению по дуге 1—2, имеет вид:

Абсолютная система
...N6 G2*

Относительная система
...N6 G2*

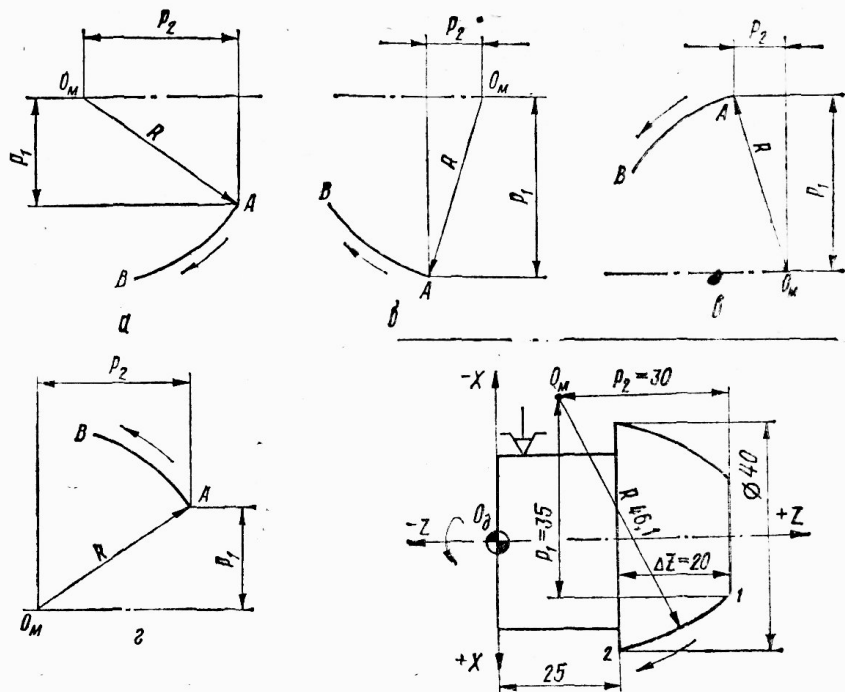


Рис. 62. Способы задания дуг, охватывающих менее четверти окружности:

а, б — по часовой стрелке (G2); в, г — против нее (G3).

Рис. 63. Пример программирования обработки сферической поверхности в пределах угла меньше 90° .

N7 X4000*

N8 Z2500*

N9 P3500*

N10 P3000...

N7 X2000→→→*

N8 Z2000→→→*

N9 P3500*

N10 P3000...

Если вершина резца закруглена, то обработанный профиль будет иметь погрешность из-за того, что различные участки поверхности резец обрабатывает различными участками режущей кромки. Поэтому при программировании должна вводиться коррекция координат конечной точки дуги по расчетам или данным замера пробной детали.

12. МНОГОПРОХОДНЫЙ АВТОМАТИЧЕСКИЙ ЦИКЛ ПРОТАЧИВАНИЯ ТОРЦЕВЫХ КАНАВОК G 74

Структура цикла включает параметры: G74*, $X^*(X \rightarrow \rightarrow \rightarrow)^*$, $Z^*(Z \rightarrow \rightarrow \rightarrow)^*$, F^* , P , где X — координата по оси X конечной точки последней канавки (или по-

следнего рабочего хода протачивания широкой канавки); Z — координата по оси Z дна канавки; F — подача; P — шаг между канавками (дискретность 0,01). После окончания цикла резец возвращается в точку начала цикла.

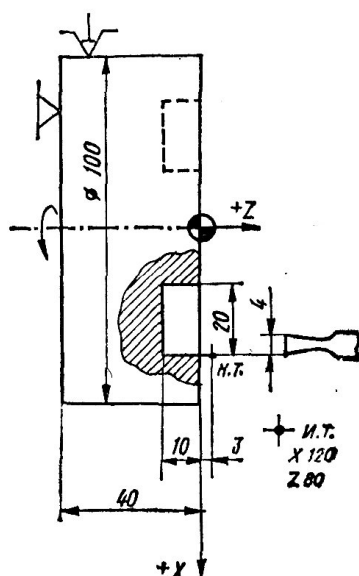
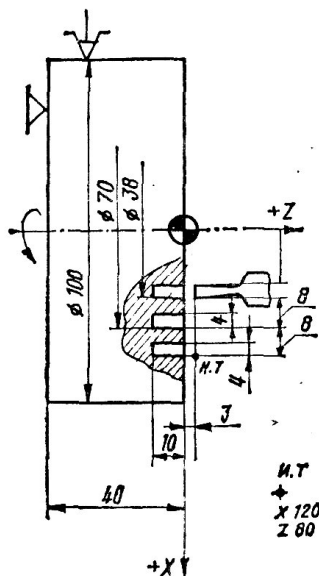


Рис. 64. Схема для иллюстрации программирования протачивания торцевых канавок по циклу G74.

Рис. 65. Схема детали для иллюстрации программирования протачивания широкой торцевой канавки (выточки) по циклу G74.

Если необходимо проточить три торцевые канавки $B = 4$ мм с шагом 8 мм (рис. 64), то составляют следующую программу:

```

...N5 Z300~
N6 X7000~ } и. т.
N7 F30
N8 G74*
N9 X3800* или (X — 3200→→→)*
N10 Z — 1000* или (N10 Z — 13000→→→*)
N11 P1600
N12 X12000~ } и. т.
N13 Z8000~ }
N14 M5
N15 M30.
  
```

В случае протачивания по схеме «спуск» широкой канавки (рис. 65) ($B = 20$ мм) узким канавочным резцом ($b = 4$ мм) с перекрытием 0,5 мм при шаге 3,5 мм УП имеет вид:

...N5 300~* Н. Т.
 N6 X7000
 N7 F30
 N8 G74*
 N9 X3800*
 N10 Z — 1000*
 N11 P700
 N12 X12000~
 N13 Z8000~ } Н. Т.
 N14 M5
 N15 M30.

13. МНОГОПРОХОДНЫЙ АВТОМАТИЧЕСКИЙ ЦИКЛ ПРОТАЧИВАНИЯ КАНАВОК НА ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ G 75

Канавки на цилиндрической поверхности протачивают по автоматическому циклу, который задают подготовительной функцией G75 (рис. 66).

Структура цикла имеет следующий вид: G75*, X* (X→→→)*, Z* (Z→→→)*, *F*, P, где X (X→→→)* — координата дна канавки по оси X (или смещение по оси X до дна канавки);

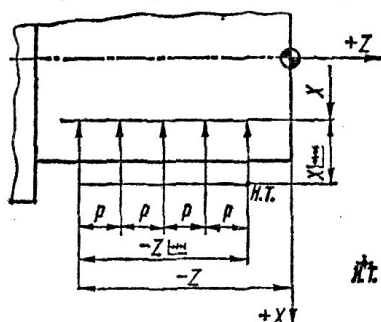


Рис. 66. Схема автоматического цикла протачивания канавок на цилиндрической поверхности (G75).

Z (Z→→→)* — координата по оси Z левой стенки последней канавки (или последнего спуска при протачивании широкой канавки); P — шаг между канавками (или шаг между спусками при протачивании широкой канавки), дискретность 0,01. Величина P не должна превышать ширины широкой канавки.

Если при протачивании широкой канавки ширина B не кратна шагу спусков P, то остается немерный остаток припуска m, который автоматически срезается при последнем спуске.

После окончания цикла резец возвращается в точку начала цикла.

На рис. 67 показана деталь Ø 60 мм с тремя канавками шириной 5 мм и шагом 40 мм.

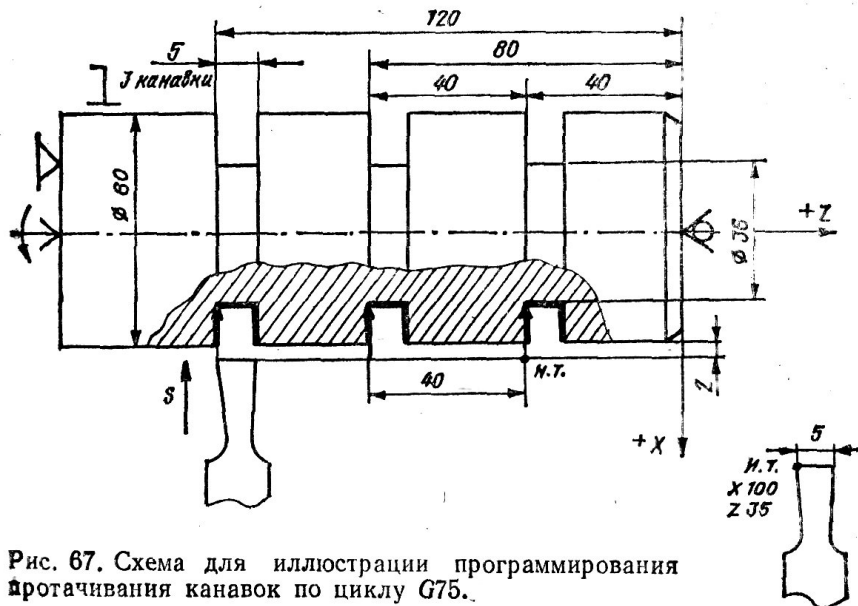


Рис. 67. Схема для иллюстрации программирования протачивания канавок по циклу G75.

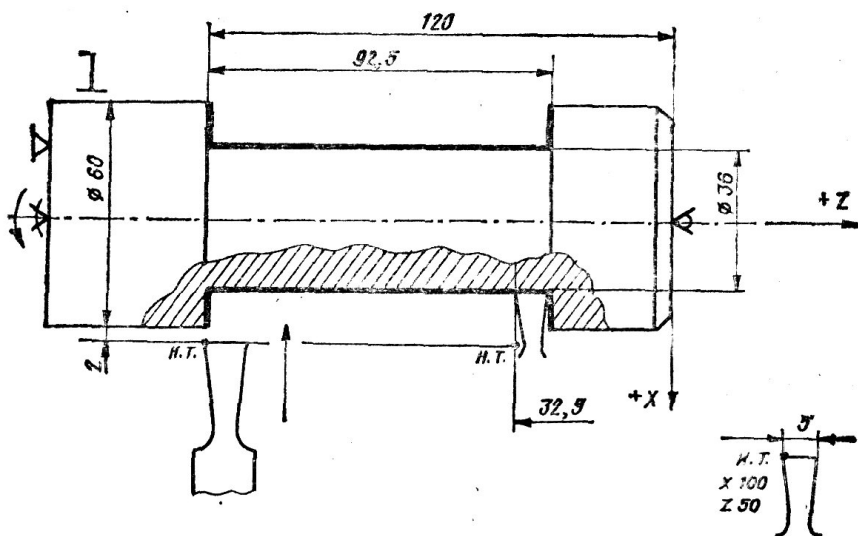


Рис. 68. Схема для иллюстрации программирования протачивания широкой канавки по циклу G75.

Запись УП для обработки канавок имеет вид:

N12 T3

N13 M3

N14 M40

N15 S500

N16 F20

N17 Z — 4000~* } Н. Т.

N18 X6400

N19 G75*
 N20 X3600*
 N21 Z — 12000*
 N22 P4000
 N23 X10000~ } и. т.
 N24 Z3500~ }
 N25 M5
 N26 M30.

На рис. 68 показана деталь с выточной шириной $B = 92,5$ мм. Для протачивания выточки применяют резец шириной $b = 4$ мм с перекрытием 1 мм. Фрагмент УП приведен ниже:

...N8 Z — 3250~* } и. т.
 N9 X6400 }
 N10 G75*
 N11 X3600*
 N12 Z — 12000*
 N13 P400
 N14 X10000~ } и. т.
 N15 Z3500~ }
 N16 M5
 N17 M30.

14. АВТОМАТИЧЕСКИЙ ЦИКЛ ГЛУБОКОГО СВЕРЛЕНИЯ G 73

Глубокое сверление должно производиться с периодическими вводами и выводами сверла с целью охлаждения сверла и снятия напряжения продольного изгиба. Общая длина отверстия (глубина сверления) делится на участки, обозначаемые символом P (величина P не должна равняться диаметру сверла). Цикл задается функцией G73, с помощью которой программируют автоматический вывод сверла из отверстия после прохода заданного участка, а затем повторный ввод на быстром ходу. При каждом повторном вводе сверло не доходит на некоторую величину зазора α до конца предыдущего рабочего хода. Величина α задается предварительно постоянным параметром (см. ниже гл. 4), вводимым в память станка при первичной его наладке.

После окончания цикла сверло отходит в точку A, находящуюся на расстоянии x мм от оси X и на расстоянии z мм от начальной точки.

Структура цикла: G73*, $X^*(X \rightarrow \rightarrow)^*$, $Z^*(Z \rightarrow \rightarrow)^*$, F^* , P (рис. 69).

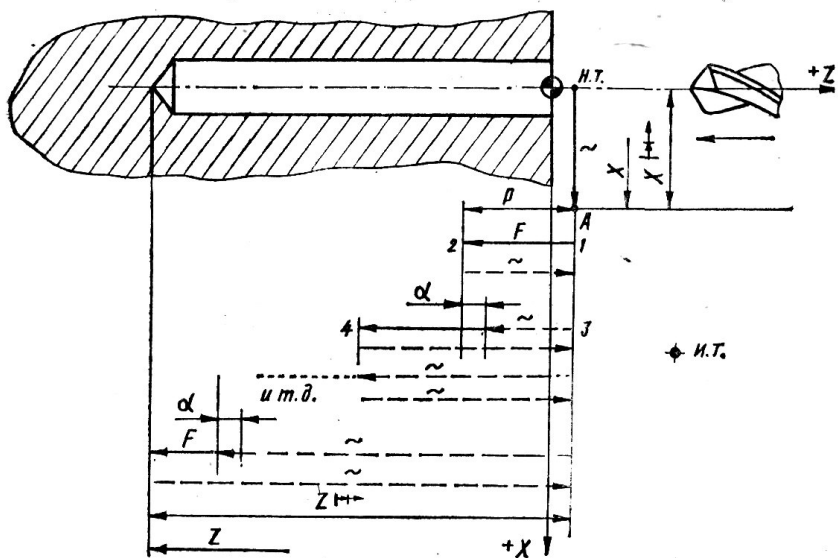


Рис. 69. Схема автоматического цикла глубокого сверления (G73).

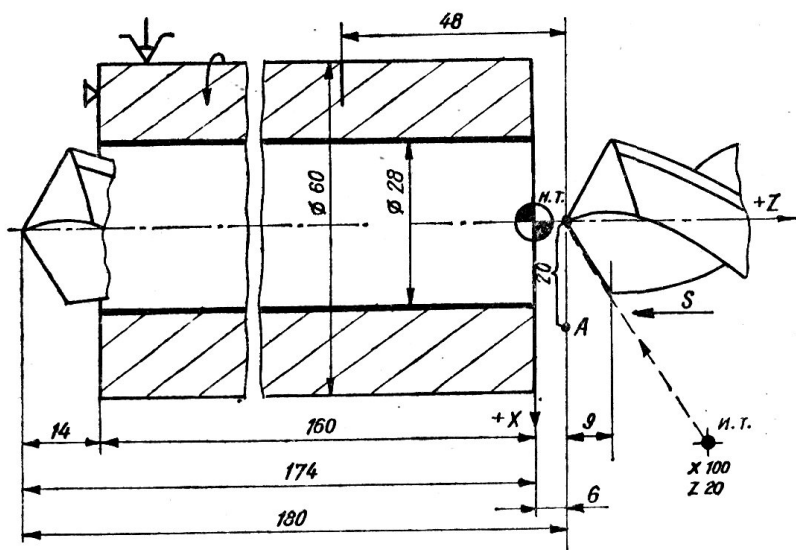


Рис. 70. Схема для иллюстрации программирования глубокого сверления.

На рис. 70 показана деталь, в которой необходимо просверлить отверстия $\varnothing 28$ мм на длине $L = 160$ мм. Недоход до заготовки составляет 6 мм, перебег — 14 мм. Общий путь рабочего хода $L = 160 + 6 + 14 = 180$ мм. Его расчлняют на участки длиной 48 мм (четырёхпроходный цикл). Подачу принимают 0,2 мм/об, частоту вращения — 700 об/мин. Исходная точка имеет координаты

наты X100, Z20, заданная величина отхода по оси X —
 $X \rightarrow \rightarrow = 20 \text{ мм.}$

Запись УП имеет вид:

N0 T3

N1 M3

N2 M39 } $n = 700 \text{ об/мин}$

N3 S700 }

N4 F20

N5 X0~* } Подход в н. т.

N6 Z600 }

N7 M8 Включение СОЖ

N8 G73*

N9 X2000→→* } Цикл глубокого сверления за 4

N10 Z — 17400* } рабочих хода с быстрым отходом

N11 P4800 } в точку A

N12 M9 Выключение СОЖ

N13 X10000~ } Отход в и. т.

N14 Z2000~ }

N15 M5

N16 M30.

15. ЗАДАНИЕ СМЕЩЕНИЯ НУЛЯ G 92

Размерную привязку инструмента по осям для обеспечения связи между нулевой точкой детали и нулевой точкой станка производят, как правило, относительно центра правого или левого торца детали. Иногда в процессе обработки бывает целесообразно перейти от одной нулевой точки к другой. Чтобы не производить перерасчет конструкторских размеров детали, для смещения нуля детали служит подготовительная функция G92. После нее задают смещения относительно нуля по оси Z (в относительной системе).

Если необходимо обточить начерно деталь в $\varnothing 80 \text{ мм}$ (см. рис. 71) от начала координат O_1 в левом торце, а всю остальную обработку выполнять от начала координат O_2 в правом торце, то составляют следующую УП:

N0 T1 Черновой резец T1

N1 M3

N2 M40

N3 G96* } $V = 100 \text{ м/мин}$

N4 S100* }

N5 P760* }

N6 P360 }

N7 F40

N28	G96*	}	$V = 140 \text{ м/мин}$
N29	S140*		
N30	P2000*		
N31	P560		
N32	Z200~	}	Подход от O_2 к н. т. ₂
N33	X1200		
N34	X20000		
N35	Z — 5000		
N36	X4000		
N37	Z — 9700		
N38	G13*	}	Галтель R3
N39	X4600*		
N40	Z — 11000		
N41	X8000		
N42	Z — 15200		
N43	X15000~	}	Отход от O_2 в и. т.
N44	Z5000~		
N45	T3 Прорезной резец T3		
N46	M3		
N47	M40		
N48	G97*		
N49	S1800 $n = 1800 \text{ об/мин}$		
N50	F20 $s = 0,2 \text{ мм/об}$		
N51	Z — 5000~	}	Подход от O_2 к н. т. ₄
N52	X4400~		
N53	X1500		
N54	G4*	}	Выдержка 2 с
N55	P200		
N56	F80		
N57	X4400~		Отвод в н. т. ₄
N58	X15000~	}	Отход в и. т. от O_2
N59	Z5000~		
N60	G92*		Отмена смещения
N61	Z — 15000→→~		
N62	M5		
N63	M30.		

16. БЕЗУСЛОВНЫЙ ПЕРЕХОД Р

Для изменения порядка выполнения УП применяется команда так называемого безусловного перехода, обозначаемого символом *P*. С помощью этого символа можно вводить в УП дополнительные кадры.

Например, если алмазный выглаживатель, поджимаемый пружиной, должен совершать цикл подач «влево —

вправо» (рис. 72), то чтобы не задавать в УП весь цикл, записывают лишь два хода, а затем под адресом *P* представляют номера этих кадров:

...N11 F10

N12 X6000~

N13 Z — 2000~ } н. т.

N14 Z — 14400 Влево

N15 Z — 2000 Вправо

N16 P14

N17 P15 } Повторение кадров N14 и N15.

Теперь цикл «влево — вправо» будет выполняться многократно до нажима на клавишу «Стоп». Такой прием называется «зацикливанием» УП.

Если заготовка детали (рис. 73) поставляется с большим разбросом величин припусков, то припуск может быть снят за четыре либо за три рабочих хода. Если припуск нормальный (менее 5 мм на сторону), то в программе задается три рабочих хода. Когда замер диаметра заготовки $D_{ф.заг}$ показывает, что припуск более 5 мм и его следует снять за четыре рабочих хода, то кадры, соответствующие циклу снятия излишнего припуска и подводу на уровень нормального припуска, записываются под номерами 100, 101, 102, 103, 104, 105 в конце УП. При необходимости эти кадры вызываются в работу командой P100, т. е. передачей управления на кадр N100 УП. После отработки кадров N100 — N105 УП продолжается с кадра N8 до команды M30 (или до следующей команды P). Если припуск на заготовку нормальный и требуется только три рабочих хода, то для обработки такой заготовки в кадре N5 вводят команду P0. Запись УП имеет вид:

N0 T1

N1 M3

N2 M40

N3 S900

N4 F40

N5 P?

N6~X9000 } Подвод к $\varnothing 90$ (н. т.) при нормальном

N7 Z400~ } припуске на сторону 5 мм

N8 G77*

N9 X8000*

N10 Z — 10200*

N11 P400

N12 X18000~*

N13 Z2000~

} Автоматический цикл на три рабочих хода с глубиной резания 2 мм на сторону, последний рабочий ход глубиной 1 мм

} Отход в и. т.

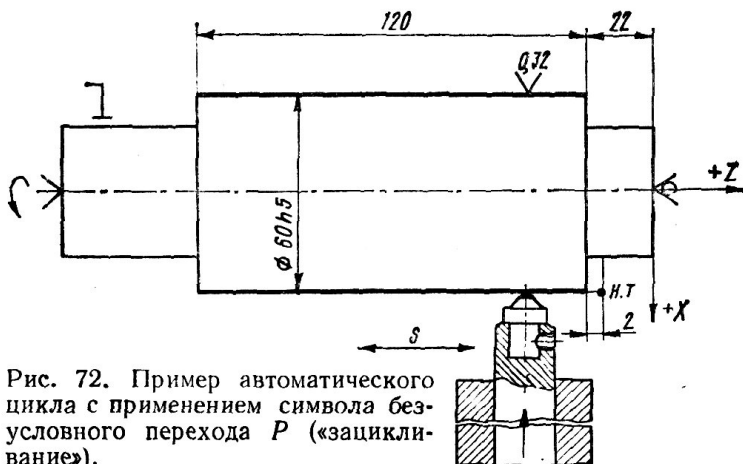


Рис. 72. Пример автоматического цикла с применением символа безусловного перехода P («зацикливание»).

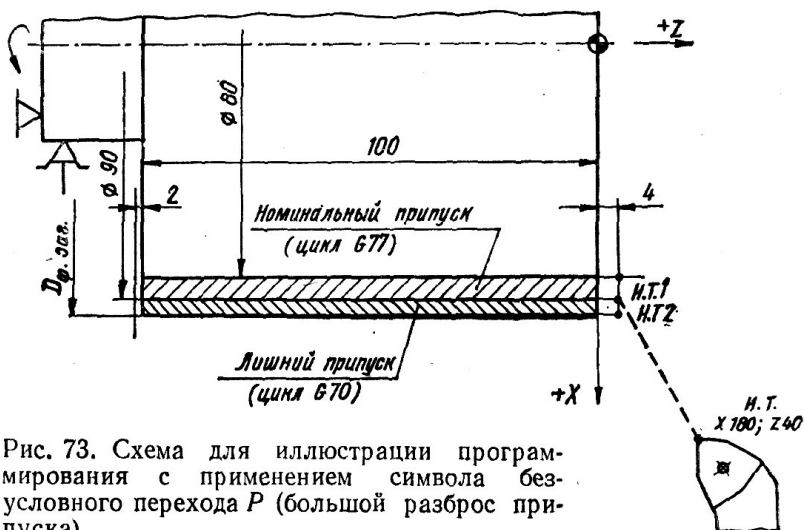


Рис. 73. Схема для иллюстрации программирования с применением символа безусловного перехода P (большой разброс припуска).

N14 M5

N15 M30

Дополнительные кадры

N100 X Подход к поверхности заготовки $D_{\text{факт}}$ (н. т.₂)

N101 G70*

N102 X9000*

N103 Z — 10200

N104 X9000~

N105 P8.

Однопроходный автоматический цикл для снятия лишней части припуска и подход к номинальному припуску (н. т.₁).

17. ПОВТОРЕНИЕ ЧАСТИ ПРОГРАММЫ G 25

Для повторения части программы или всей программы служит функция G25. После G25 записывается два символа *P*. Первый указывает, с какого и по какой кадр повторяется программа, а второй — количество повторений. Часть программы, которая должна повторяться, записывается в относительной системе в приращениях.

В формат параметра P_1 вводят цифры 0,3; 3. Первые три цифры определяют номер кадра, с которого часть программы повторяется, вторые три цифры — номер кадра, которым оканчивается вызываемая подпрограмма. Нуль в первой части кода формата означает, что нули перед номером начального кадра можно опустить. Отсутствие нуля во второй части кода свидетельствует о том, что незначащие нули номера конечного кадра не опускаются. Например, для вызова части программы с кадра N8 до кадра N15 записывают P8015, с кадра N5 до кадра N8 — P5008, с кадра N85 до кадра N105 — P85105.

Формат параметра P_2 0,5 означает, что нуль впереди числа повторяемых кадров не ставится, а само число может быть пятизначным. Максимальное число повторений по P_2 — не более 23767. Если P_2 опущен, то повторяемая часть УП отрабатывается один раз. Например, нужно повторить кадры с N4 по N12 — 15 раз. Запись фрагмента УП в этом случае:

...N28 G25*
N29 P4012*
N30 P15.

На рис. 74 приведена трехступенчатая деталь с одинаковыми ступенями. При составлении УП для ее обработки следует учесть, что перемещение вершины резца по оси *Z* на 8 мм (*Z* — 800) и по оси *X* на 5 мм (*X*1000) должно повторяться три раза.

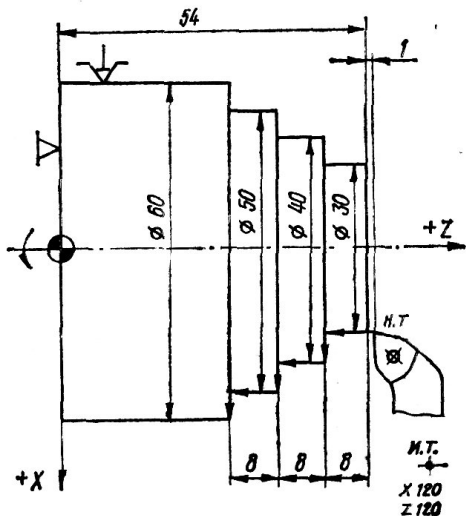


Рис. 74. Схема для иллюстрации программирования с применением функции повторения кадров G25.

Запись УП:

N0 T1

N1 M3

N2 M40

N3 S800

N4 F30

N5 Z5500~*

N6 X3000

N7 Z5400

N8 Z — 800 → →

N9 X1000 → →

N10 G25*

N11 P8009*

N12 P2

N13 X12000~

N14 Z10000~

} Подход в н. т.

} Обработка первой ступени

} Повторение кадров 8 и 9 два раза

} Отход в и. т.

и т. д.

На рис. 75, а приведена деталь, на которой необходимо проточить 4 канавки шириной 13 мм на глубину 10 мм. Левая стенка каждой канавки имеет скос 3×6 мм. В этом случае принимают $n = 520$ об/мин и $s = 0,2$ мм/об.

Работу выполняют с охлаждением одним прорезным резцом с $b = 5$ мм, закрепленным в 3-й позиции. Начало координат детали — в центре правого торца. Координаты исходной точки X150, Z50. Протачивание канавок

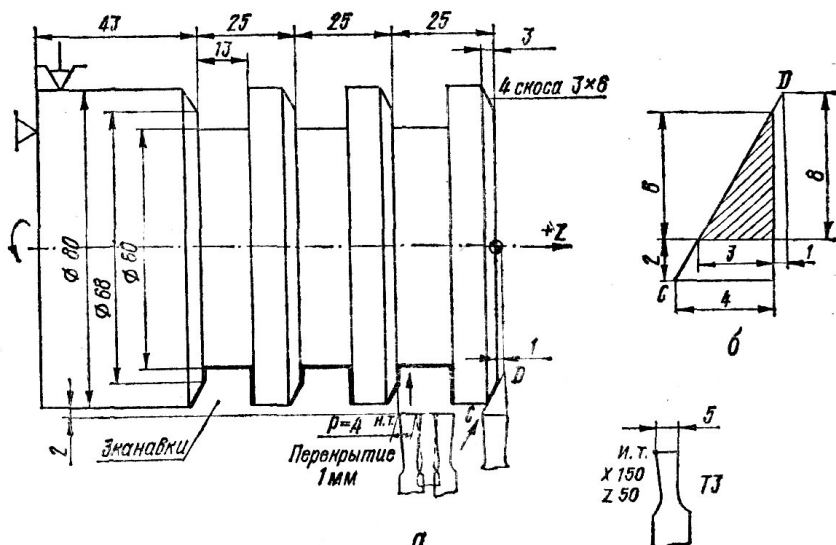


Рис. 75. Пример составления УП с применением функций G25 (протачивание канавок со скосом):

а — схема детали, совмещенная со схемой наладки; б — геометрическое построение для определения координат точек С и D.

задают по функции G75. Определение координат точек *C* и *D* ясно из построения (рис. 75, б). Протачивание канавок 2 и 3 задают, повторяя функции G25 по тем же командам, что и канавку 1, а скосы на канавках 1, 3, повторяя те же команды, что и для обработки скоса на торце детали (с учетом смещения на шаг).

Запись УП имеет вид:

N0 T3

N1 M3

N2 M39

N3 S520

N4 M8 Включение подачи СОЖ

N5 F20

N6 Z — 2500~* } Подход к н. т. цикла

N7 X8400

N8 G75*.

N9 X — 1200→→→* } Протачивание канавки B =

N10 Z800→→→*

N11 P400

= 13 мм до Ø 60 мм за 3 спуска
по циклу G75

N12~Z — 2500 →→→ Смещение на шаг

N13 G25*

N14 P8012* } Повторение 2 раза кадров 8—12 (про-

N15 P2

тачивание канавок и смещение на шаг)

N16 Z — 400~ Отход в точку *C*

N17 X — 2000→→→

N18 Z500→→→

N19 X2000→→→

N20 Z — 500→→→

N21 Z — 2500→→→~

N22 G25*

N23 P17021*

N24 P3

N25 X15000~*

N26 Z5000

N27 M9 Выключение подачи СОЖ

N28 M5

N29 M30.

18. ПРОГРАММИРОВАНИЕ НАРЕЗАНИЯ

РЕЗЬБ G 81, G 82, G 33

Нарезание резьбы резцом программируется с помощью функции G31. Программа цикла нарезания резьбы состоит из следующих кадров: G31*, X*, Z*, F*, P₁*, P₂ (рис. 76), где G31 — функция резьбонарезания; X — номинальный диаметр резьбы; Z — длина резьбы

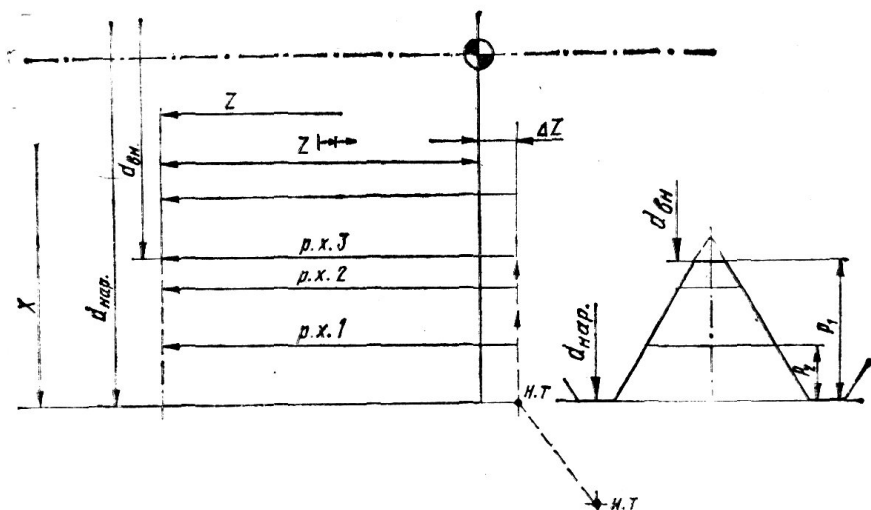


Рис. 76. Схема структуры автоматического цикла нарезания резьбы (G31).

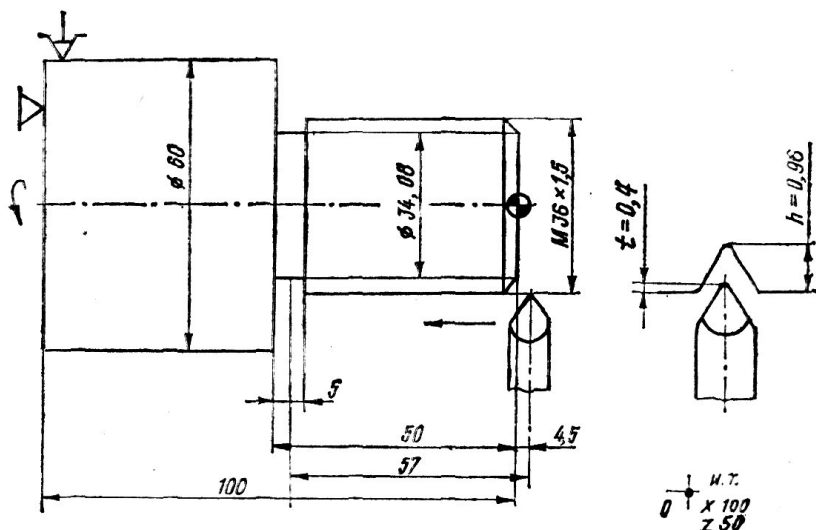


Рис. 77. Схема для иллюстрации программирования нарезания резьбы $M36 \times 1,5$.

или координата конечной точки резьбы; F — шаг резьбы, записывается с дискретностью 0,0001; P_1 — полная глубина резьбы на сторону (определяется по справочнику), дискретность 0,01; P_2 — глубина первого прохода на сторону (задается технологом или оператором).

Цикл нарезания многопроходный, все рабочие ходы, за исключением четырех последних, выполняют с глубиной, заданной в последнем кадре резьбонарезания (P_2). В каждом из четырех последних рабочих ходов

глубина резания автоматически делится на два. После нарезания резьбы резец возвращается в точку начала нарезания, откуда его можно отвести по программе в исходную точку.

При нарезании резьб с шагом до 2 мм резец подают на глубину перпендикулярно к оси детали. Для этого перед началом обработки детали в оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) вводят постоянный параметр $M6P0$, для чего нажимают клавиши $N, 6, P, 0$.

Если шаг резьбы более 2,5 мм, то рекомендуется выполнять врезание под углом $\epsilon/2 = 30^\circ$, чтобы в работе участвовала одна режущая кромка. В этом случае параметр P вычисляется по формуле $P = 4086 \cdot \operatorname{tg} 30^\circ = 2365$. Ввод проводят нажимом клавиш $N, 6, P, 2, 3, 6, 5$. Модульную резьбу (профиль трапецеидальный с углом 40° , шаг, кратный числу π), с модулем более 0,5 нарезают с врезанием под углом 20° . Параметр $P = 4096 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ = 1491$ вводят нажимом клавиш $N, 6, P, 1, 4, 9, 1$.

После набора команд нажимают клавишу 15 (ввод информации). Величину пути подхода (воздушного зазора) по оси Z принимают по специальной номограмме (см. рис. 39). Например, при $n = 700$ об/мин и шаге резьбы 3 мм скорость продольной подачи составляет $V_{\text{прод}} = 700 \cdot 3 = 2100$ мм/мин, а путь подхода $\Delta Z = 6,5$ мм.

Ниже приводится запись УП с началом системы координат в центре правого торца для нарезания резьбы $M36 \times 1,5$ на детали, показанной на рис. 77.

$N0 T3$ Резьбовой резец в позиции 3

$N1 M3$

$N2 M40$

$N3 S500$ } $n = 500$ об/мин

$N4 Z450 \sim$

Быстрый подход по оси Z к заготовке; величина воздушного зазора 4,5 мм определена по номограмме (рис. 39)

$N5 X3600 \sim$ } То же, по оси X

$N6 G31^*$ Функция резьбонарезания и признак группы

$N7 X3600^*$ Диаметр резьбы

$N8 Z - 4750^*$ Координата конечной точки резьбы по оси Z с учетом выхода в середину канавки ($50 - 2,5 = 47,5$ мм)

(или $N8 Z - 5700 \rightarrow \rightarrow ^*$) Путь прохода резца

$N9 F15000^*$ Шаг резьбы 1,5 мм

$N10 P96^*$ Глубина канавки 0,96 мм

N11 P40 Глубина первого рабочего хода 0,4 мм
 N12 X10000~ } Ускоренный отход в исходную точку
 N13 Z5000~ }
 N14 M5 Останов шпинделя
 N15 M30 Конец программы.

Если на чертеже детали не предусмотрена зарезбовая канавка, то резьба должна нарезаться со сбегом, т. е. с плавным выходом резца из резьбы в конце каждого рабочего хода. Для этого в систему вводят постоянный параметр № 7 с величиной сбега C по оси Z в пределах

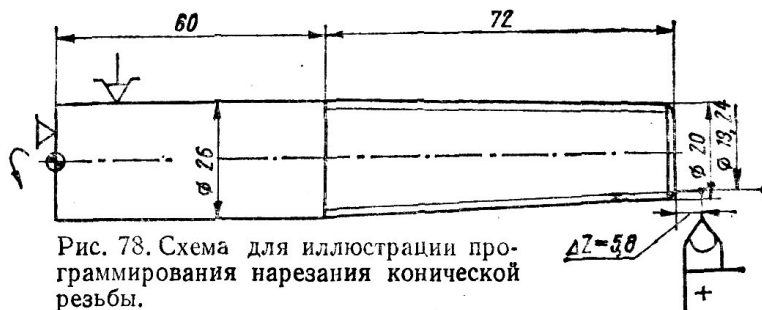


Рис. 78. Схема для иллюстрации программирования нарезания конической резьбы.

(0,1...3,1) F . Например, для резьбы с шагом 3 мм $C = 1 \times 3 = 3$ мм. Ввод параметра № 7 производят нажатием клавиш $N, 7, P, 0, 3, 0, 0$. Вызов параметра производится нажатием на клавишу 23.

В многопроходном цикле нарезания резьбы по функции G31 можно задавать нарезание конической резьбы. Для этого вводят третий параметр P — разность между большим и меньшим диаметрами резьбы (в импульсах).

На рис. 78 приведена заготовка, на которой следует нарезать коническую резьбу со сбегом, при $n = 800$ об/мин ($M39, S800$), скорости движения продольной подачи $V_{\text{прод}} = 800 \times 2 = 1600$ мм/мин, воздушном зазоре $\Delta Z = 5,8$ мм (см. рис. 39). Глубина резьбы составляет 1,08 мм, глубина первого рабочего хода — 0,3 мм, величина сбега — $C = F = 2$ мм.

Ниже приведен фрагмент УП для нарезания конической резьбы:

...N15 G31* Резьбонарезной многопроходный цикл
 N16 X1984* Меньший диаметр резьбы с учетом пути подхода
 N17 Z — 7780* Путь рабочего хода ($72 + 5,8 = 77,8$)
 N18 F20000* Шаг резьбы 2 мм ($2 \cdot 10000 = 20000$ имп.)
 N19 P108* Глубина резьбы 1,08 мм

N20 P30* Глубина первого рабочего хода 0,3 мм

N21 P600... Разность диаметров на участке конической резьбы (6 мм).

Если по каким-либо причинам целесообразно нарезать резьбу единичными рабочими ходами, то применяются циклы, заменяемые функцией G32. Технолог или наладчик в этом случае сам назначает глубину резания для каждого рабочего хода, число рабочих ходов, а также отвод (по оси X), отход (по оси Z) после каждого рабочего хода и подвод на новую координату по оси X перед каждым новым рабочим ходом.

Для последнего рабочего хода задается глубина резания в пределах 0,1—0,3 мм.

Если необходимо нарезать резьбу M36 $\times$ 1,5 на длине 50 мм (см. рис. 77), при частоте вращения шпинделя $n = 500$ об/мин, с воздушным зазором $\Delta Z = 4,5$ мм (см. рис. 39), глубине резьбы 0,96 мм принимают три рабочих хода с глубиной резания $t_1 = 0,5$; $t_2 = 0,3$; $t_3 = 0,16$ мм; $D_{\text{вн}} = 34,08$ мм. Поперечную подачу для врезания и отвода резца принимают 0,6 мм/об (F60).

Запись УП имеет вид:

N0 T3

N1 M3

N2 M40

N3 S500

N4 Z450~

N5 X3500~ } н. т.

N6 G32*

N7 F15000*

N8 Z — 4700

N9 F60

N10 X4000

N11 Z450~

N12 X3440

N13 G32*

N14 F15000*

N15 Z — 4700

N16 F60

N17 X4000

N18 Z450~

N19 X3408

N20 G32*

N21 F15000*

N22 Z — 4700

N23 F60

N24 X4000

Первый рабочий ход до $\varnothing 35$

Второй рабочий ход до $\varnothing 34,4$

Третий рабочий ход до $\varnothing 34,08$

N25 X10000~ }
 N26 Z5000~ } и. т.
 N27 M5
 N28 M30.

Для нарезания многозаходной резьбы программируются циклы нарезания каждого захода. После каждого цикла резец по программе смещается вправо (для правой резьбы) на величину шага резьбы. Под адресом F в программе записывается не шаг резьбы, а ход, т. е. шаг, умноженный на число заходов.

При составлении УП для нарезания двухзаходной резьбы (см. рис. 77) учитывают, что смещение после нарезания 1-го захода составляет шаг, т. е. 1,5 мм. По адресу F задают ход, т. е. $2 \cdot 1,5 = 3$ мм ($F30000$). Координату точки начала резбонарезания определяют из условия обеспечения воздушного зазора по номограмме (см. рис. 39). В данном случае $V_{\text{прод}} = 3 \cdot 500 = 1500$ мм/мин; $\Delta Z = 5,4$ мм.

Запись УП:

N0 T3

N1 M3

N2 M40

N3 S500

N4 Z10540~

N5 X3800~

N6 G31*

N7 X3600*

N8 Z — 4750*

N9 F30000*

N10 P96*

N11 P20

N12 F100

N13 Z150 →→ Смещение на шаг 1,5 мм

N14 G31*

N15 X3600*

N16 Z — 4750*

N17 F30000*

N18 P96*

N19 P20

N20 X10000~

N21 Z15000~ } и. т.

N22 M5

N23 M30.

} Нарезание 1-го захода

} Нарезание 2-го захода

Нарезание резьбы метчиком или плашкой программируется с помощью функции G33. Инструмент должен закрепляться в самовыдвижной подпружиненной оправ-

ке. Цикл обеспечивает быстрый подвод метчика к заготовке, подачу с заданным шагом, реверс шпинделя, вывод метчика, отвод в точку A и смещение в точку C (рис. 79).

Структура цикла $\rightarrow \rightarrow G33^*, Z^*, X^*, F$, где Z — координата конечной точки резьбы по оси Z ; X — координата смещения инструмента по оси X в точку C после

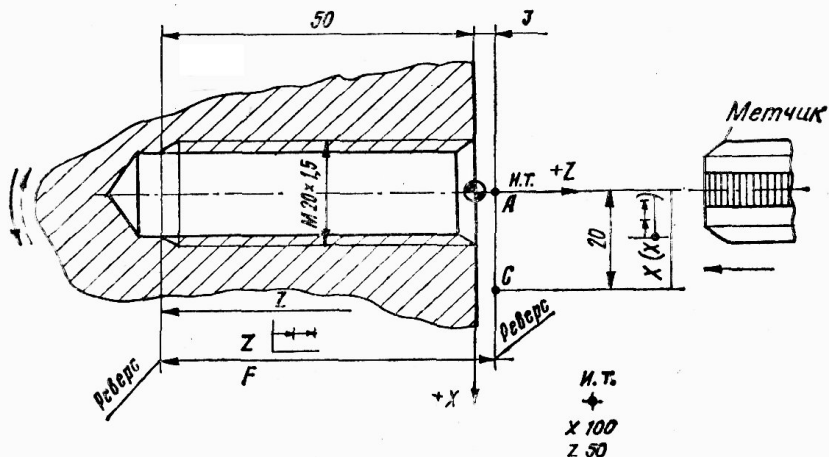


Рис. 79. Пример программирования нарезания резьбы метчиком по циклу $G33$.

выполнения цикла; F — шаг резьбы (дискретность 0,0001). Символом $\rightarrow \rightarrow$ задают смещение на координату X .

Например, запись фрагмента УП для нарезания резьбы $M20 \times 1,5$ на глубину 50 мм (рис. 79) имеет вид:

```

...N8  $\rightarrow \rightarrow G33^*$ 
N9  $X2000^*$ 
N10  $Z - 5000^*$ 
N11  $F1500...$ 

```

19. КОМПЛЕКСНЫЙ ПРИМЕР РАЗРАБОТКИ УП ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ТИПА ВАЛ НА СТАНКАХ С ОПУ

Необходимо обработать заготовку детали (чертеж с простановкой размеров от одной базы приведен на рис. 80). Материал — сталь 45, $\sigma_b = 750$ МПа, заготовка — прокат $\varnothing 70$ мм обычной точности, $L = 115$ мм. Припуск на подрезание торца — 3 мм. Заготовка крепится в трехкулачковом самоцентрирующем патроне с упором в уступ расточенных кулачков на станке 16К20Т1.02.

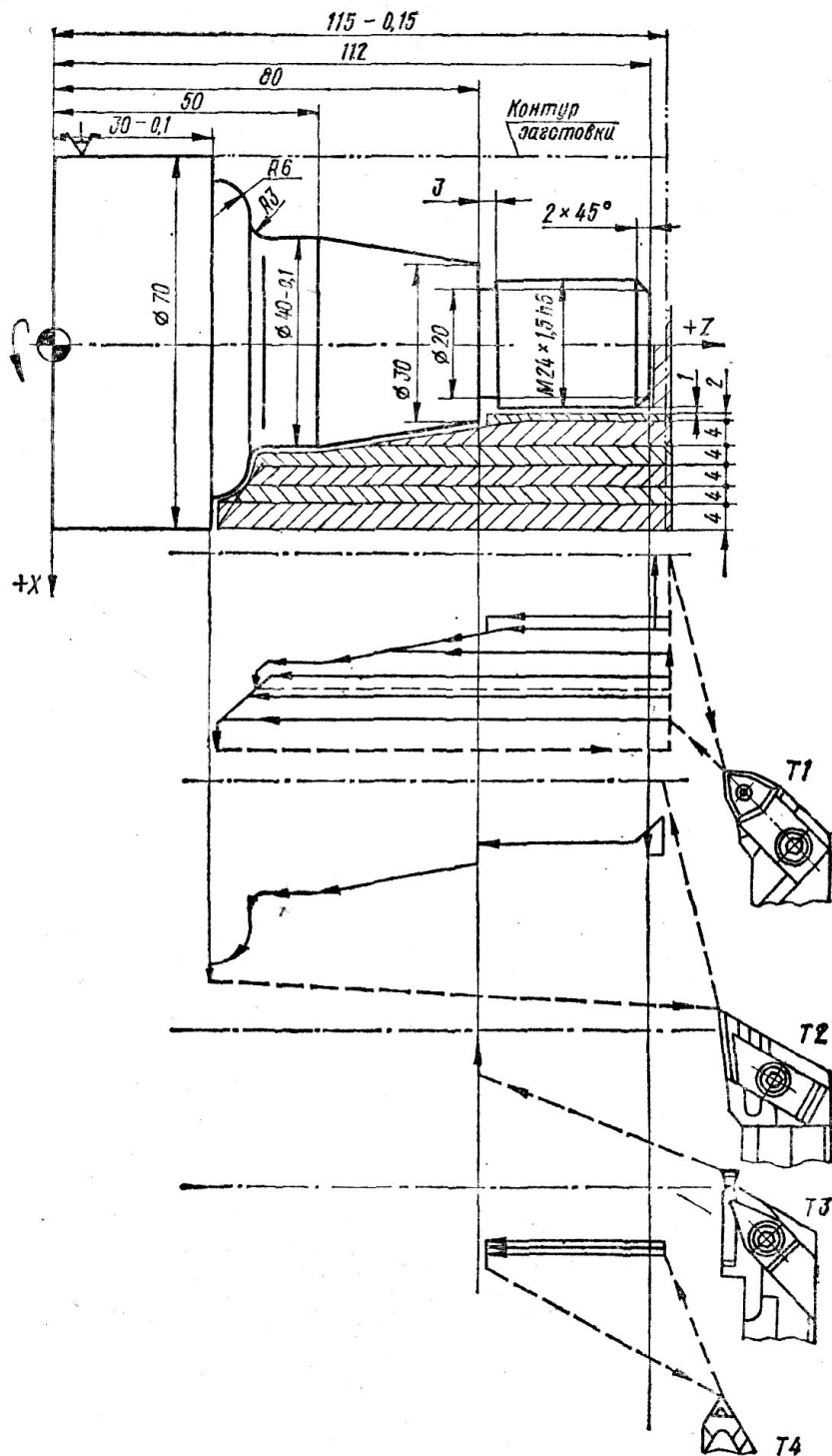


Рис. 80. Схема детали типа вал, совмещенная со схемой наладки для токарной обработки на станке с ОПУ.

Намечают следующий технологический маршрут токарной обработки: обточить поверхность $\varnothing 24$, конус с $\varnothing 30$ на $\varnothing 40$ и радиусные переходы начерно с оставлением припуска на чистовую обработку; подрезать торец начерно в размер 113 мм (для переходов 1 и 2 применяют проходной упорный резец с трехгранной пластинкой Т15К6); подрезать торец начисто в размер 112 мм и обточить фаску $2 \times 45^\circ$ (для переходов 3 и 4 используют контурный упорный резец с параллелограммной пластинкой Т15К6); обточить поверхность $\varnothing 24$, конус с $\varnothing 30$ на $\varnothing 40$, $\varnothing 40$ и радиусные переходы начисто; проточить канавку шириной $b = 3$ мм до $\varnothing 22$ мм в размер 80 мм от левого торца (резец прорезной Т15К6, $b = 3$ мм); нарезать резьбу $M24 \times 1,5$ на длине 29 мм (резец резьбовой Т15К6). Затем определяют режимы резания. При черновом обтачивании и подрезании торца (переход 1) припуск на черновое обтачивание распределяют на пять участков с глубиной 4 мм и один участок с глубиной 2 мм. Для чернового подрезания торца $t = 2$ мм. Принимают схему движения вершины резца «петля», а для подрезания торца — «спуск». Подачу для переходов 1—5 определяют по «Общемашиностроительным нормативам времени и режимам резания на работы, выполняемые на металлорежущих станках с программным управлением». Для резца сечением 25×25 мм $s = 1$ мм/об при глубине резания $t = 4$ мм.

Поправочный коэффициент на дискретность 0,01: $K = 0,9$. В этом случае $s = 1 \cdot 0,9 = 0,9$ мм/об. Подача, допускаемая жесткостью системы «станок — деталь» при $L/D = 115/70 \approx 1,6$, $t = 4$ мм составляет 0,53 мм/об.

Таким образом, принимают $s = 0,5$ мм/об (код F50).

Определяют скорость резания $V = 83$ м/мин. Поправочные коэффициенты равны 1. Затем находят период стойкости резца $T = 30 \cdot K_1 \cdot K_2$; $K_1 = 0,62$; $K_2 = 2$; $T = 30 \cdot 0,62 \cdot 2 = 37$ мин. Поправочный коэффициент $K_p = 1$.

Мощность, потребная на резание $N_p = 5,8$ кВт, что является допустимым для станка 16К20Т1 ($N_{ст} = 10$ кВт).

Частоту вращения шпинделя определяют по зависимости

$$n_{мин} = 1000V/(\pi D) = 1000 \cdot 83/(\pi \cdot 70) = 370 \text{ об/мин};$$

$$n_{макс} = 1000 \cdot 83/(\pi \cdot 26) = 1000 \text{ об/мин}.$$

В УП задают $V = 83$ м/мин (по функции G68). С целью упрощения программирования для пятого рабочего хода при $t = 2$ мм принимают $s = 0,5$ мм/об, $V =$

10. Технологические данные для разработки УП

Переходы	Циклы и рабочие ходы	Резец	Позиция инструмента	Режимы резания				Код	
				t , мм	S , мм/об	V , м/мин	n , об/мин (мин ⁻¹)	S	F
Обточить начерно, оставив припуск 1 мм на сторону	Цикл 1 (G70). С $\varnothing 70$ на $\varnothing 62$ 2. С $\varnothing 62$ на $\varnothing 54$ и Цикл 2 (G77). С $\varnothing 54$ на $\varnothing 46$ 3. $\varnothing 48$, $\varnothing 38$, $\varnothing 42$ 4. Цикл 3 (G70). С $\varnothing 38$ на $\varnothing 30$ 5. Цикл 4 (G 40). С $\varnothing 30$ на $\varnothing 26$	Проходной упорный (T15K6)	T1	4	0,54	83	372	M40; S372	F50
Подрезать торец начерно	Цикл 6 (G78)			2	0,3	98	1198	M40; S1198	F90
Подрезать торец начисто ($L = 112$); обточить фаску 2×45 ; обточить поверху начисто $\varnothing 24$, конус 40/30, $\varnothing 40$, скругление R6, торец до $\varnothing 80$.	—	Контурный (T15K6)	T2	1	0,2	132	600	M40; S600	F20
Проточить канавку $b = 3$ мм до $\varnothing 22$ мм в размер 80 мм	В конце рабочего хода выдержка времени 2 с	Прорезной (T15K6)	T3	3	0,2	132	600	M40; S600	F20
Нарезать резьбу M24 $\times$ 1,5 на длину 29 мм	Цикл (G31)	Резьбовой (T15K6)	T4	0,4	1,5	118	1563	M40; S1563	F15000

Примечание. Время выдержки при выполнении четвертого перехода — 2 с.

$= 83$ м/мин. При подрезании торца (проход 2) $s = 0,3$ мм/об (F30), а скорость резания оставляют такую же, как для перехода 1, т.е. $V = 83$ м/мин с автоматическим регулированием частоты вращения (по функции G68).

Для чистового подрезания торца, снятия фаски и обточки поверху ($t = 1$ мм) $s = 0,2$ мм/об (F20), скорость резания $V = 132$ м/мин.

Частота вращения $n_{\text{мин}} = 1000 \cdot 132 / (\pi \cdot 70)$, $n_{\text{макс}} = 2240$ об/мин (максимум диапазона 3). При протачивании канавки $b = 3$ мм режим такой же, как для чисто-

11. Координаты опорных точек при обработке различными резцами

Точки	Координаты		Точки	Координаты		Точки	Координаты	
	X	Z		X	Z		X	Z
Резец T1 (рис. 81)								
0	100	125	13	30	85	11	46	36
1	62	117	14	26	117	12	48	36
2	62	31	15	26	81	13	60	30
3	46	117	Резец T2 (рис. 82)			14	74	30
4	46	39,5	0	—	—	Резец T3 (рис. 83)		
5	38	117	1	0	114	0	100	125
6	38	62,5	2	0	112	1	64	80
7	42	50	3	28	112	2	20	80
8	42	39,5	4	28	114	3	64	80
9	46	37	5	16	114	4	100	125
10	50	37	6	24	110	Резец T4 (рис. 84)		
11	50	117	7	24	80	0	100	125
12	30	117	8	30	80	1	23,4	119
			9	40	50	2	23,4	81,5
			10	40	39			

вого обтачивания: $n = 600$ об/мин (M40, S600); $s = 0,2$ мм/об (F20); выдержка в конце рабочего хода 2 с.

Для нарезания резьбы M24 $\times$ 1,5 с высотой профиля $h = 0,81$ принимают радиальный метод врезания. Скорость резания $V = 118$ м/мин. Частота вращения $n = 1000 \cdot 118 / (\pi \cdot 24) = 1563$ об/мин (M40, S1560).

Путь подхода $\Delta Z = 7$ мм принимают по номограмме (см. рис. 39), учитывая, что $V_{\text{прод}} = s \cdot n = 1,5 \cdot 1560 = 2344$ мм/мин. Затем определяют путь рабочего хода резца. Длина резьбового участка $l = 112 - 80 = 32$ мм. Путь подхода $\Delta Z = 7$ мм. $L = l + \Delta Z + b/2$ мм; $L = 32 + 7 + 1,5 = 40,5$ мм.

Все технологические данные сводят в табл. 10.

Затем строят траектории (циклограммы) движения для всех резцов с учетом принятых глубин резания (рис. 81, 82, 83, 84). Составляют таблицы координат опорных точек по осям X и Z (табл. 11).

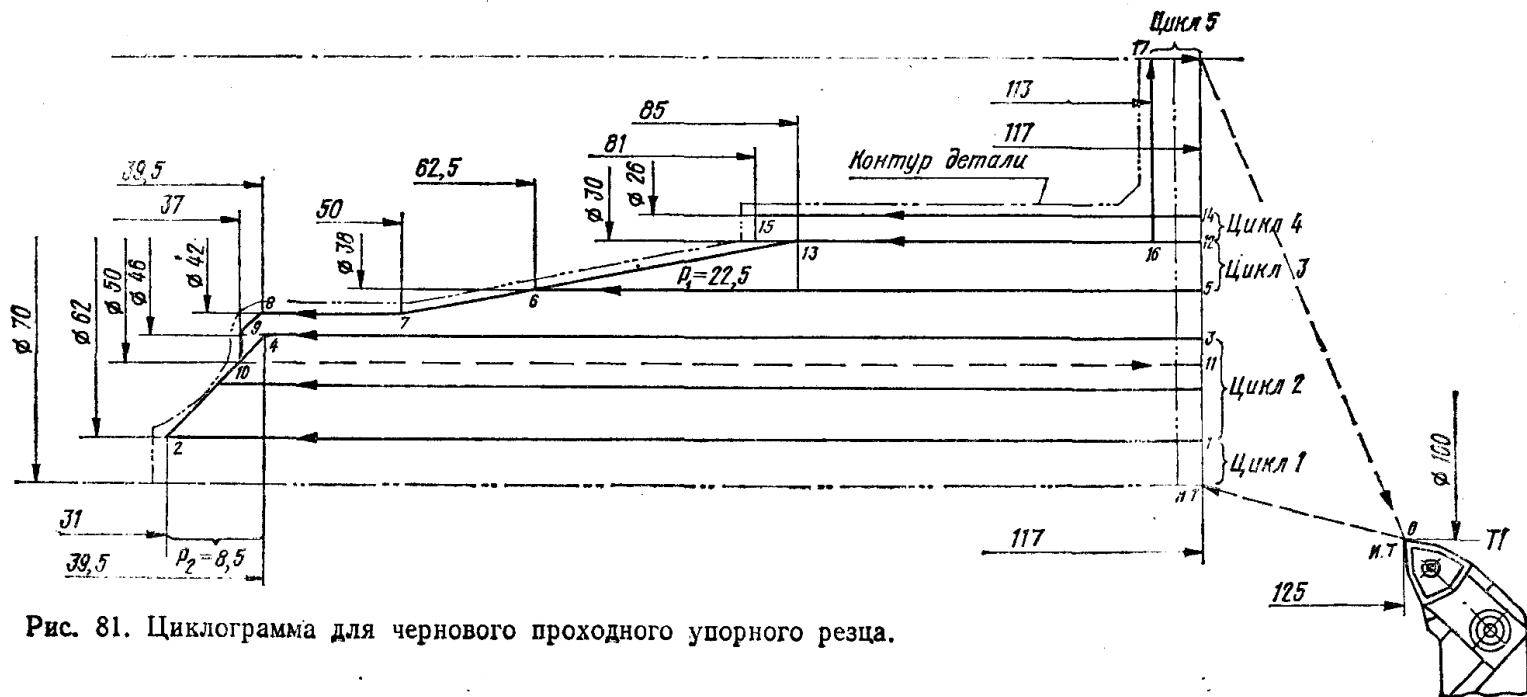


Рис. 81. Циклограмма для черного проходного упорного резца.

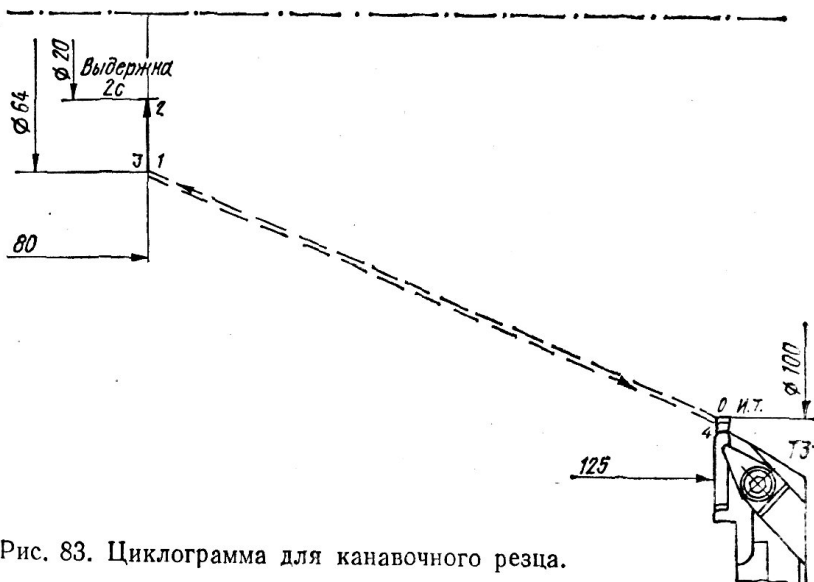


Рис. 83. Циклограмма для канавочного реза.

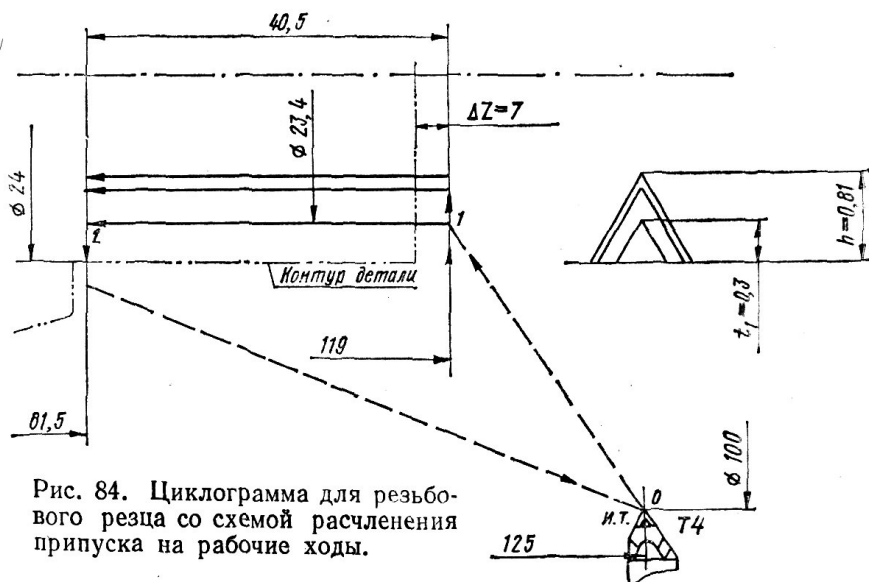


Рис. 84. Циклограмма для резьбового реза со схемой расчленения припуска на рабочие ходы.

Графическим прочерчиванием определяют скосы по оси Z автоматических циклов $P = 8,5$ (двухпроходного) и $P = 22,5$ (однопроходного).

Ниже приводится запись УП для обработки этой детали на станке 16K20T1.02 с устройством ОПУ НЦ-31:

N0 T1 — резец проходной упорный (рис. 81)

N1 M3

N2 M40

N3 G96*	} $V_{\text{пост}} = 83 \text{ м/мин}$
N4 S83*	
N5 P100*	
N6 P370	
N7 F50	Подача 0,5 мм/об
N8 M8	Включение СОЖ
N9 Z11700~*	} Подход в н. т.
N10 X7000	
N11 G70*	} Однопроходный продольный цикл
N12 X6200*	
N13 Z3100	
N14 G77*	
N15 X4600*	} Двухпроходный продольный цикл со скосом 8,5 мм $t = 4 \text{ мм}$
N16 Z3100*	
N17 P800*	
N18 P850	
N19 X3800	Подвод к точке 5
N20 Z6250	
N21 X4200*	} Скос 6—7
N22 Z5000	
N23 Z11700~	
N24 G70*	} Однопроходный продольный цикл со скосом 22,5 мм $t = 4 \text{ мм}$
N25 X3000*	
N26 Z6250*	
N27 P400*	
N28 P2250	
N29 G70*	} Однопроходный продольный цикл
N30 X2600*	
N31 Z8100	
N32 F30	
N33 G78*	} Двухпроходный поперечный цикл $t =$ $= 2 \text{ мм}$
N34 X0*	
N35 Z11300*	
N36 P200	
N37 X10000~	} Отход в и. т.
N38 Z12500~	
N39 T2	Резец контурный (рис. 82)
N40 M3	
N41 G96*	} $V_{\text{пост}} = 132 \text{ м/мин}$
N42 S132*	
N43 P2240*	
N44 P600	
N45 F20	
N46 Z11400~*	Подход в н. т.
N47 X0	
N48 Z11200	

N49	X2800	
N50	Z11400~	} «Технологическая петля»
N51	X1600~	
N52	X2400	—45° Фаска
N53	Z8000	
N54	X3000	
N55	X4000*	} Скос 8—9
N56	Z5000	
N57	Z3900	
N58	G13*	} Галтель R3
N59	X4600*	
N60	Z3600	
N61	X4200	
N62	G12*	} Скругление R6
N63	X6000*	
N64	Z3000	
N65	X7400	
N66	X10000~	} Отход в и. т.
N67	Z12500~	
N68	T3	Резец прорезной (рис. 83)
N69	M3	
N70	M40	
N71	S600	$n = 600$ об/мин
N72	F20	$S = 0,2$ мм/об
N73	Z8000~*	} Подход к н. т.
N74	X3400	
N75	X2000	Протачивание канавки
N76	G4*	} Выдержка 2 с
N77	P200	
N78	F80	
N79	X3400	
N80	X10000~	} Отход в и. т.
N81	Z21500~	
N82	T4	Резьбовой резец (рис. 84)
N83	M3	
N84	M40	} $n = 1560$ об/мин
N85	S1560	
N86	Z11900~*	} Подход к н. т.
N87	X2400	
N88	G31*	} Цикл нарезания резьбы M24 × 1,5 $t_1 = 0,3$ мм
N89	F15000*	
N90	X2400*	
N91	Z8150*	
N92	P81*	
N93	P30	

N94 X10000~* } Отход в и. т.
 N95 Z12500~ }
 N96 M9 Выключение СОЖ
 N97 M5 Выключение шпинделя
 N98 M30 Конец программы.

РАБОТЫ НА СТАНКЕ 16K20T1. 02 С ОПУ НЦ-31

4

● Глава

1. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ НАЛАДКИ

Наладку токарного станка с ОСУ целесообразно выполнять в такой последовательности: в соответствии с разработанным технологическим процессом подбирают инструмент, проверяют отсутствие повреждений, правильность заточки, надежность крепления пластинок; путевые кулачки устанавливают на продольной и поперечной линейках; режущий инструмент закрепляют в рабочие позиции инструментальной головки; устанавливают зажимной или поводковый патрон и центра; проверяют надежность крепления. При необходимости кулачки патрона растачивают.

Затем проверяют работоспособность рабочих органов станка на холостом ходу в ручном режиме, а также исправность сигнализации на пульте управления. После этого инструменты «привязывают» к отсчетной системе станка. Управляющую программу вводят в электронную память пульта. Правильность составления и ввода программы проверяют, отработывая ее без установки заготовки, в покадровом режиме. Затем обрабатывают пробную заготовку, измеряют полученную пробную деталь и в случае необходимости в программу вносят поправки.

После обработки готовую деталь предъявляют ОТК. Наладчик инструктирует оператора и присутствует при обработке первых 3—5 деталей.

Станок включают при помощи вводного автомата, для чего рукоятку I (см. рис. 8) поворачивают в верхнее положение. После включения вводного автомата на пульте загорается лампочка над клавишей 18 (см. рис. 44). Затем нажимают клавишу 18, при этом во всех окошках II-го и III-го индикаторов высвечиваются нули. Выключение вводного автомата производят поворотом рукоятки в нижнее положение.

2. ВВОД ОПЕРАТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ СТАНКА

Параметры станка вводятся одновременно в случае первичной наладки станка или при возникновении определенных технологических требований. Параметры вводят с указанием их номера, адреса P и числового значения, а затем нажимают клавишу 19 (ввод).

Одним из основных параметров (см. приложение 2) является компенсация люфтов станка (параметр № 1). В системе предусмотрена автоматическая компенсация люфтов между винтом и гайкой механизма подачи при продольных (ось Z) и поперечных (ось X) перемещениях на величину введенного параметра. Параметр состоит из четырех цифр, где первые две показывают величину компенсации по оси X , вторые — величину компенсации по оси Z с учетом дискретности измерительной системы. Например, если при замере люфтов получают по оси X — 6 мкм, а по оси Z — 4 мкм, то параметр компенсации определяют как $6 : 2,5 = 2$; $4 : 5 \approx 1$. В этом случае в ОЗУ вводят $N, 1, P, 0, 2, 0, 1$.

Скорость быстрого хода по оси X (параметр № 2) вводят нажатием клавиш $N, 2, P, 5, 0, 0, 0$, а по оси Z (параметр № 3) — нажатием клавиш $N, 3, P, 6, 0, 0, 0$ (максимальная скорость 6 м/мин).

В ручном режиме скорость быстрого хода по оси X (параметр № 4) вводят нажатием клавиш $N, 4, P, 1, 0, 0, 0$ (максимальная скорость в ручном режиме 1 м/мин). По мере получения оператором навыков работы на станке эту скорость можно увеличить до 2—3 м/мин.

Скорость быстрого хода по оси Z в ручном режиме вводят, нажимая клавиши $N, 5, P, 3, 0, 0, 0$ (максимальная скорость 3 м/мин). Для проверки параметров нажимают клавиши 14 (режим вывода на индикацию), 23 (разрешение на работу с параметрами), 19 (ввод в память). При этом на среднем индикаторе 2 высвечивается номер первого параметра, а на правом индикаторе 3 — его числовое значение (над индикатором 3 загорается сигнальная лампа «Р»).

Чтобы обеспечить многопроходное точение со стружкодроблением, на станке с ОПУ используют постоянные параметры № 10 и № 11, по которым вводятся следующие величины: α — отрезок пути рабочего хода до прерывания стружки, например, 10 мм ($N, 10, P, 1, 0, 0, 0$); β — величина возвратного хода, например, 1 мм ($N, 11, P, 1, 0, 0$). Это означает, что рабочие ходы будут осуществляться с периодическим возвратом резца на 1 мм

через каждые 10 мм пути с надежным дроблением стружки. Если задано $N10P0$, то стружкодробление не происходит.

Для работы со стружкодроблением перед признаком многопроходного цикла $G77$ (или $G78$) нажимают клавишу 23 (разрешение на обработку параметров).

Для последнего рабочего хода многопроходного цикла стружкодробление автоматически отменяется.

Для обеспечения зазора α при глубоком сверлении вводят параметр № 8 группы P . Например, при зазор $\alpha = 3$ мм задают параметр $N,3,P,3,0,0$.

3. ПРИВЯЗКА ИНСТРУМЕНТА К СИСТЕМЕ ОТСЧЕТА

Чтобы задать нулевую точку координат детали, необходимо выполнить размерную привязку инструмента, т. е. определить фактическое положение вершины резца относительно станка и ввести эти данные в систему управления. Предварительно следует зафиксировать исходную точку суппорта, положение которой определяется положением конечных выключателей. Для этого устанавливают режим ручного управления (клавиша 12), после нажатия клавиши начинает пульсировать лампочка ручного режима.

Затем необходимо установить рабочую подачу F , при которой осуществляется выход в исходную точку, например $F30$, включить главный привод ($M3$), установить частоту вращения шпинделя ($M38(39, 40)$ и S), нажать клавишу 16 (режим размерной привязки).

С помощью клавиш ручного управления координатами каретку суппорта перемещают до наезда на конечный выключатель (по оси X). Для повторения цикла по оси Z нужно повторно нажать клавишу 16. Далее необходимо вызвать резец в рабочую позицию, т. е. набрать $T1$ (если резец закреплен в позиции 1).

Размерная привязка инструмента производится в такой последовательности. В патроне закрепляют простую заготовку, например пруток диаметром 60 мм с вылетом от зажимных кулачков 100 мм (рис. 85). Включают шпиндель и в ручном режиме подводят резец к заготовке. Для привязки по оси X обтачивают пояс на детали (например, $\varnothing 58, 25$ мм) в режиме работы от маховичка.

После этого шпиндель останавливают ($M5$) и производят замер диаметра обточенного пояса.

Чтобы устройство перевести в режим размерной привязки нажимают клавишу 16 и измеренный размер в импульсах вводится в память устройства нажатием клавиш X, 5, 8, 2, 5. После нажима клавиши 15 лампочки индикации адреса и чисел гаснут.

Для привязки по оси Z вновь включают шпиндель и в ручном режиме резцом протачивают торец (глубина резания 1—2 мм). Затем резец отводят от торца по оси X, шпиндель останавливают (M5). Замеряют расстояние от торца детали до зажимных кулачков патрона (например

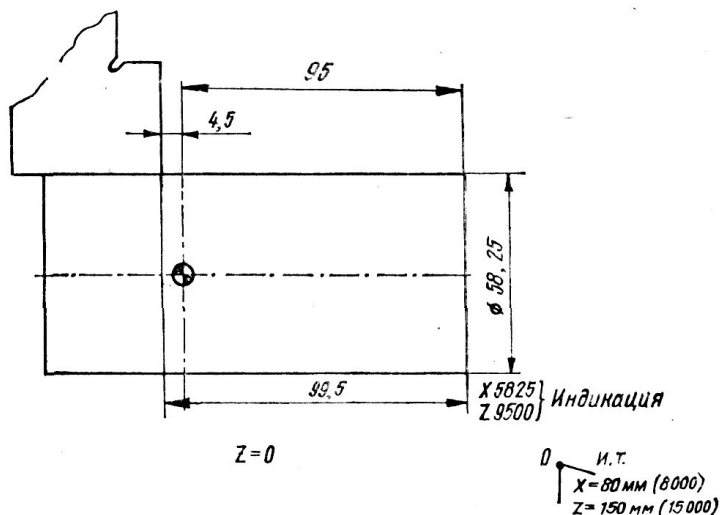


Рис. 85. Пример размерной привязки инструмента.

99,5 мм). Из него вычитают запас на расстояние от нулевой точки до торца кулачков, чтобы избежать врезания в них (например 4,5 мм). Полученную величину ($99,5 - 4,5 = 95$ мм) в импульсах вводят в память устройства нажатием клавиши 16, Z, 9, 5, 0, 0, 15. После этого систему можно перевести в любой режим для дальнейшей работы.

Привязку остальных инструментов выполняют аналогично.

4. РАБОТА НА СТАНКЕ С РУЧНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

На станке 16К20Т1.02 можно работать в режимах от маховичка и ручном.

Для работы в режиме от маховичка нажимают клавишу 11, над которой загорается лампочка. Все перемещения суппорта производят при вращении маховичка на каретке станка (см. рис. 34).

Суппорт может перемещаться в следующих направлениях: поперечном — по оси X и продольном — по оси Z . Направление движения от токаря — X , на токаря $+X$, к передней бабке — Z , к задней бабке $+Z$. Направление перемещения задается клавишами 1 (ось X) и 2 (ось Z) (см. рис. 44). В случае их нажатия загорается лампочка. При вращении маховичка слышно пощелкивание. Щелчок соответствует одному импульсу, т. е. перемещению по оси Z на 0,01 мм, а по оси X на 0,005 мм (0,01 мм на диаметр).

Для работы в ручном режиме нажимают клавишу 12, при этом над ней загорается лампочка. Для перемещения суппорта на ускоренном ходу (см. рис. 46) в требуемом направлении одновременно нажимают следующие клавиши: в направлении — X клавиши 3 и 7; $+X$ клавиши 5 и 7; — Z — клавиши 4 и 7; $+Z$ — клавиши 6 и 7.

Для движения на рабочей подаче нажимают клавиши 3—6 (без нажатия на клавишу 7), а для быстрого движения $P0$ одновременно с одной из клавиш 3—6 нажимается клавиша 7.

Для вызова резцедержателя в заданную позицию (например, в позицию 3) необходимо нажать клавиши ТЗ и клавишу 18 (пуск).

Команда включения шпинделя состоит из подкоманд, которые вводят поочередно (вначале — направление, затем — частоту вращения шпинделя).

Прямое вращение (на токаря) вызывают командой МЗ, обратное — М4, частоту вращения — МЗ8 (39, 40) и функции S с числовым значением частоты вращения. Например, нужно ввести в УП частоту вращения шпинделя $n = 800$ об/мин. Для этого следует нажать клавиши М,З. На первом индикаторе высветятся индекс М и цифра 3. Затем нажимают клавишу 18 (пуск). Это значит, что введено прямое вращение. Набирают команды М40 и S800. После каждого набора нажимают клавишу 18. Шпиндель начнет вращаться с заданной частотой и в заданном направлении.

Набор каждой последующей команды следует осуществлять лишь после того, как с индикатора исчезнет предыдущая.

Изменение частоты вращения шпинделя в пределах одного и того же диапазона, например $n = 600$ об/мин, производится набором команды S600 и нажимом на клавишу 18. Если новое значение частоты вращения находится в другом диапазоне, то вначале следует остановить шпиндель, набрав М5, повернуть рукоятку переключения

диапазонов в соответствующее положение, а затем набирать числовое значение диапазона, например *M39*, и значение частоты вращения, например *S500*, а также клавишу *18* (пуск).

Чтобы прекратить вращение шпинделя, например при смене заготовки, трехпозиционный переключатель поворачивают до упора против часовой стрелки. Включают вращение шпинделя поворотом переключателя до упора по часовой стрелке.

На рабочей подаче можно работать в ручном режиме. Рабочая подача задается адресом *F* и числовым значением подачи, умноженным на 100. Например, подаче $s = 0,4$ мм/об будет соответствовать команда *F40*.

Для того чтобы установить требуемую рабочую подачу, например 0,4 мм/об, необходимо набрать в зоне 2 пульта (см. рис. 44) команду *F40* и нажать клавишу *19*. В этом случае на правом индикаторе команда *F40* погаснет, а на левом появится число 40. Вращение шпинделя включают нажимая клавишу *18*, перемещение суппорта в требуемом направлении задают нажимая клавиши 3—6.

Если нужно установить новое значение подачи, например $s = 0,2$ мм/об, то на клавишах зоны 3 набирают команду *F20* и нажимают клавишу *18* (пуск). На правом индикаторе команда *F20* исчезает, а на левом индикаторе появится число 20 вместо числа 40. Вращение шпинделя при смене подачи не прекращается.

Размерную коррекцию, например на износ инструмента, можно выполнять в ручном режиме. Если, к примеру, растачивают отверстие $\varnothing 30$ мм по программе и путем измерения установлено, что получают диаметр 29,8 мм, то следует подать резец по оси *X* в положительном направлении на 0,2 мм (на диаметр) с помощью маховичка, контролируя величину перемещения по правому индикатору. На индикаторе должно высветиться число 3020 ($\varnothing 30,2$). Затем нажимают клавишу *16*, набирают *X3000* и нажимают клавишу *19*, после этого переходят в прежний режим работы и обрабатывают деталь $\varnothing 30$ мм, контролируя размер по индикации.

В ручных режимах можно обрабатывать только простые детали типа ступенчатых валов и втулок. Более сложные детали, включающие в себя конические и фасонные поверхности, фаски и резьбы, обрабатывают в автоматическом цикле по заранее составленной УП.

5. ВВОД И ОТРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ

Управляющую программу (см. рис. 44) вводят в память системы в такой последовательности: нажимают на клавиши 15 и 22 (над ними загораются лампочки); набирают N0 (на среднем индикаторе высвечивается цифра 0); набирают информацию нулевого кадра и нажимают клавишу 19 (на правом индикаторе числовое значение нулевого кадра исчезает, а на среднем индикаторе появляется цифра 1, которая соответствует номеру следующего кадра); набирают информацию первого кадра и нажимают клавишу 19 (на среднем индикаторе высвечивается цифра 2). Затем набирают кадр под этим номером. После ввода каждого кадра в программу (нажатием клавиши 15) номер кадра на среднем индикаторе автоматически увеличивается на 1, т. е. номер последующего кадра может не набираться. Таким образом последовательно вводят всю заранее составленную программу. На правом индикаторе высвечивается номер введенного кадра программы. При вводе какого-либо нового кадра взамен введенного ранее или целиком новой программы старая информация автоматически стирается.

Символ относительной системы отсчета (клавиша 20) действует до его отмены путем нажатия той же клавиши. При нажатии клавиши 21 (быстрый ход), клавиш 20 (относительная система отсчета) $\rightarrow \leftarrow$, « $+45^\circ$ », « -45° » и клавиши 35 (звездочка) загораются лампочки слева от правого индикатора. Лампочка, подтверждающая ввод символа «звездочка», расположена над клавишей 19. Символы $\rightarrow \leftarrow$, $+45^\circ$, -45° , «звездочка» действуют только в данном кадре.

Программу можно проконтролировать, выведя ее на индикацию. Для этого нужно нажать клавишу 14, набрать N0, а затем клавишу 19. При этом вся программа будет высвечиваться на правом индикаторе. Замену кадра производят в такой последовательности: нажимают клавиши 15 и 22, затем набирают заменяющий кадр; нажимают клавиши 19 и 14, далее, нажимая клавишу 19, продолжают просмотр кадров.

Для контроля программы ее отработывают без перемещения инструмента путем нажатия клавиш 10, 13, 9, 18.

Перед началом отработки программы в автоматическом цикле рекомендуется провести ее по кадрам. Для этого следует нажать клавишу 10 (над ней должна

загореться лампочка). Каждый кадр будет обрабатываться после нажатия клавиши 18.

Для обработки программы в автоматическом цикле следует после ввода программы нажать клавишу 13. После этого нажать N0, а затем клавишу 18.

Прервать обработку в автоматическом цикле можно, нажав клавишу 17, а продолжить обработку, нажав клавишу 18. Прервать обработку в автоматическом цикле можно также, повернув трехпозиционный переключатель (см. рис. 13) в крайнее левое положение.

6. ОБРАБОТКА НЕСКОЛЬКИМИ ИНСТРУМЕНТАМИ

Если обработка деталей ведется несколькими инструментами, то каждому инструменту, закрепленному в инструментальной головке, присваивается номер, соответствующий номеру позиции, в которой он закреплен. Инструментальные блоки для стержневых инструментов перекрывают две позиции — и соответствующий инструмент нумеруется нечетным номером.

Смена инструмента выполняется с помощью символа *T* с номером соответствующей позиции.

Учитывая, что инструменты, участвующие в обработке и закрепленные в различных позициях инструментальной головки, могут иметь различные вылеты по обеим осям, необходимо произвести привязку всех инструментов. Перед привязкой первого инструмента нужно нажать клавиши *T,1*, а затем клавишу 18. Перед привязкой второго инструмента нажимают клавиши *T,2*, а затем клавишу 18 и т. д.

7. ОРГАНИЗАЦИЯ АРХИВА УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ И ДИАГНОСТИКА

Устройство ОПУ НЦ-31 позволяет хранить временно неиспользуемые программы в архивах системы и на кассете внешней памяти (КВП). Архив системы разделен на зоны. Размер всех зон одинаков. Он установлен по объему УП в 250 кадров. Зоны памяти в архиве системы имеют номера с 0-го по 4-й, зоны памяти КВП — с 5-го до 12-й. Если есть необходимость использования программы большего или меньшего объема, можно с помощью изменения констант станка перераспределить объем и количество зон в архиве (при сохранении общего

объема памяти). Уменьшение зоны позволит увеличить количество хранящихся программ в архиве, а увеличение — сократить их количество, но зато позволит обрабатывать более сложные детали.

Ввод, редактирование и отработка программ осуществляются с любой из зон архива памяти устройства. Для работы с программой достаточно вызвать необходимую зону в рабочее состояние. Использование зон КВП аналогично использованию архива системы, т. е. программу можно переписать из нужной зоны памяти КВП в любую свободную из зон архива памяти.

Перезапись программы из одной зоны в другую осуществляется нажатием клавиш в такой последовательности: клавиши 15, 22, 23, затем № 1 (номер зоны, из которой переписывают программу, в данном случае зоны 1), М5 (номер зоны, в которую переписывают программу, например зона 5).

Затем нажимают клавишу 35 («звездочка»). Если набор выполнен правильно, над клавишей 19 начнет мигать индикатор. Устройство готово к перезаписи. Нажатием клавиши 19 осуществляется перезапись. После ее окончания индикация сбрасывается, гаснут индикаторы над клавишами 22 и 23. Перезаписанная программа в зоне чтения сохраняется.

Вызов зоны в работу осуществляется нажатием клавиш в такой последовательности: 15, 22, 23, N, 0, P, ?, 19. При необходимости проверки номера зоны, находящейся в работе, нажимают клавиши 14, 23, N, 0, 19. На индикаторе высвечивается номер находящейся в работе зоны.

С помощью команды безусловного перехода P возможна организация хранения нескольких различных управляющих программ в одной зоне памяти и работа с ними. Среднестатистическая программа состоит из 50—80 кадров, в зоне памяти может разместиться 250 кадров, т. е. объема памяти одной зоны хватит на 4—5 программ. Команда М30 (конец программы) обуславливает переход к нулевому кадру зоны, поэтому она применяется только для первой программы. Для всех остальных используют команду безусловного перехода P.

Пусть в зоне размещены три УП. Первая включает в себя кадры N0 — N70, вторая N80 — N150 и третья N160 — N240. Размещение команд в зоне следующее:

N0	T1	} Текст 1-й программы
N1	M3	

.....

.....	
N69 M5	
N70 M30	
N71 0	} Свободные кадры
.....	
N79 0	
N80 M00	Программируемый останов
N81 T1	} Текст 2-й программы
.....	
.....	
N149 M5	} Безусловный переход к 80-му кадру
N150 P80	
N151 0	
.....	} Свободные кадры
N159 0	
N160 M00	Программируемый останов
N161 T1	} Текст 3-й программы
N162 M3	
.....	
N239 M5	} Безусловный переход к 160-му кадру
N240 P160	
N241 0	
.....	} Свободные кадры
N250 0	

Работа по первой программе идет обычным порядком. Для работы по второй программе необходимо, установив предварительно требуемый инструмент, осуществить пуск не с 0-го, а с 81-го кадра. После отработки текста программы команда P80 обеспечит возврат к началу программы, а команда M00 — останов. Работу по третьей программе производят аналогично.

С помощью пульта НЦ-31 выполняют автоматическую диагностику. Если на индикаторе 3 (см. рис. 44) появятся цифры кода аварийной ситуации, следует выяснить причины неисправности по специальной инструкции, прилагаемой к паспорту станка.

Например, цифры 04 означают, что введенная подача превышает допустимую. В этом случае следует нажать клавишу «Стоп», набрать новое значение подачи и ввести его в память системы. Соответственно цифры 07 свидетельствуют о неправильном вводе постоянного параметра, 11 — ошибке величины ускоренного хода, 24 — частичном стирании УП из памяти и т. д. (см. прил. 2).

В тех случаях, когда коды аварийных ситуаций стираются из памяти, их следует ввести вновь, нажав соответствующие клавиши и набрав так называемый «ключ»,

т. е. ряд цифр 1, 2, 3, 4, 5, 6. Например, для ввода параметров аварийной ситуации под кодом 04 нажимают клавиши: с цифрами 1, 2, 3, 4, 5, 6, клавиши 15, 22, клавиши с цифрами 0, 4, клавишу 19. Применение «ключа» предохраняет от порчи или стирания ранее введенных параметров из-за ошибочного нажатия клавиш.

РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ К СТАНКАМ 16К20ФС32 С ОПУ 2Р22

5

● Глава

1. УСТРОЙСТВО ОПУ 2Р22

Для выдачи УП на исполнительные органы токарных станков предназначено устройство ОПУ 2Р22, которое выполняет следующие функции: ввод управляющей программы с клавиатуры пульта управления или программноносителя; ее отработку и редактирование непосредственно на станке; составление управляющей программы по образцу, когда обработка первой детали ведется в ручном, а обработка последующих деталей в автоматическом режиме; ввод постоянных циклов в диалоговом режиме; использование сложных циклов многопроходной обработки; вывод УП на программноноситель и выполнение ряда других функций.

Более развитое по сравнению с устройством ОПУ «Электроника НЦ-31» функциональное программное обеспечение, хранящееся в постоянной памяти устройства, включение в него сложных циклов многопроходной обработки позволяют уменьшить объем вводимой информации и упростить составление управляющей программы.

Техническая характеристика устройства ОПУ 2Р22 приведена ниже:

Конструктивное исполнение	Встраиваемое (в виде отдельных автономных блоков)
Базовая ЭВМ	микро-ЭВМ «Электроника 60М»
Количество управляемых координат	2
Наибольшее количество одновременно управляемых координат	2
Вид интерполяции	Линейно-круговая
Дискретность задания перемещений, мм	0,001

Способ задания размеров в программе

В абсолютной и относительной системах

Максимальное программируемое перемещение, смещение нулевой и исходной точек станка, мм

9999,999

Режим работы

Автоматический, ручной ввод данных, поиск кадра, редактирование, режим диалога при формировании УП по циклам, выход в исходную точку программ и др.

Тип устройства для ввода данных

Фотосчитывающее устройство (ФСУ), клавиатура пульта управления (ПУ), кассетный накопитель на магнитной ленте (КНМЛ)

Тип устройства для хранения программы управления УЧПУ, программы электроавтоматики станка и программы привязки системы к станку

Постоянное программируемое запоминающее устройство (ППЗУ)

Время хранения информации в ОЗУ, ч

96

Коррекция:

частоты вращения шпинделя

14—40 % с шагом 10 %

рабочих подач

0—12 % с шагом 1 %

Индикация данных

На БОСИ

Типы управляемых приводов: главного движения
подач

Регулируемый
Следящий

Предельные значения скоростей РО, мм/мин:

рабочих подач

До 5000 (при нарезании резьбы до 10 000)

холостых перемещений

До 15 000

Максимальный шаг нарезаемой резьбы, мм

40

Характеристика источника питания:

род тока

Переменный, трехфазный

напряжение, В

380

частота, Гц

50 ± 1

2. ПРИНЦИПЫ КОДИРОВАНИЯ И ПОРЯДОК ПОСТРОЕНИЯ КАДРА

Ввод УП в память устройства ОПУ 2Р22 возможен с пульта управления (рис. 86) или программноносителя. Назначение клавиш пульта приведено в табл. 12. В качестве программноносителя используют магнитную или восьмидорожечную бумажную ленту шириной 25,4 мм.

Программа состоит из последовательно записанных кадров, т. е. составных частей УП, вводимых и обрабатываемых как единое целое и содержащих не менее одной команды.

Каждый кадр начинается с порядкового номера N , состоит из переменного числа слов (составных частей кадра, содержащих данные о параметрах процесса обработки) и оканчивается символом «конец кадра». Каждое слово состоит из символа — адреса и следующей за ним группы цифр. Адрес определяет назначение цифр в кадре (см. прил. 3). В одном кадре нельзя программировать два слова одного адреса.

Структура слова определяется форматом, в котором указывают расположение адреса, знак и число геометрической или технологической информации в составе сло-

12. Назначение клавиш пульта ОПУ 2Р22

Номер клавиш рис. 86	Символ клавиши	Назначение
1		Поиск кадра (останов в конце кадра со световой индикацией)
2		Ввод констант (со световой индикацией)
3		Автоматический режим
4		Ручное управление (со световой индикацией)
5		Ввод (со световой индикацией)
6		Вывод (со световой индикацией)

Номер клавиши рис. 86	Символ клавиши	Назначение
7		Диагностика состояния станка (со световой индикацией)
8		Ввод УП на внешний носитель информации (со световой индикацией), а также вывод УП с него
9		Сдвиг кадра в УП
10		Сдвиг фразы в кадре
11		Чистка памяти (стирание кадра или его части)
12		Начало программы (коррекция)
13		Сброс памяти
14		Ввод программы по образцу
15		Выход в исходное положение (со световой индикацией)
16		Выход в фиксированную точку станка (со световой индикацией)
17		Пуск УП (со световой индикацией)
18		Стоп УП (со световой индикацией)
19		Возврат каретки
20		Ввод данных (перевод строки)
21		Задание знака «минус»
22		Задание знака «запятая»

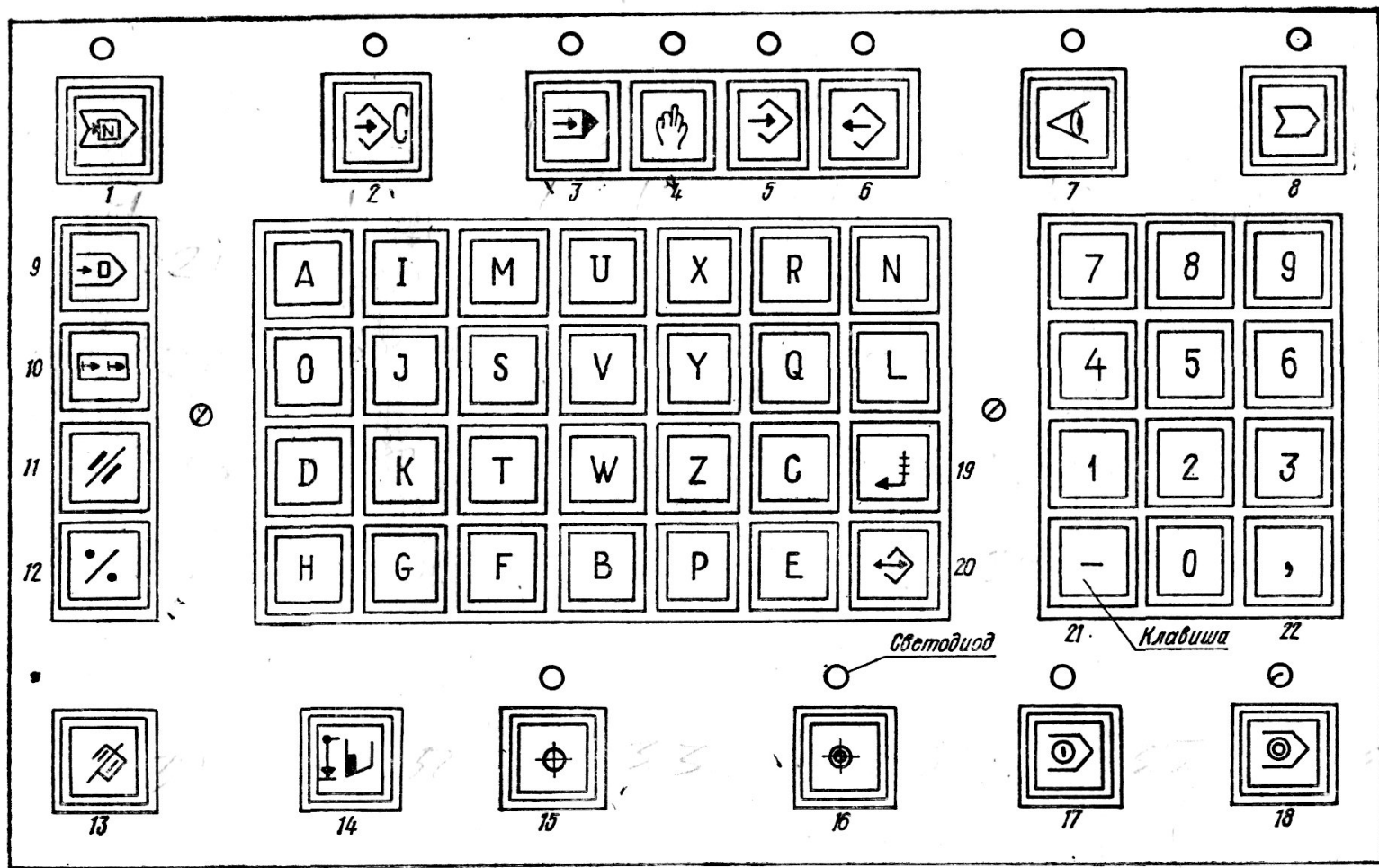


Рис. 86. Схема клавиатуры пульта управления токарного станка с ОПУ 2Р22.

ва, количество записываемых цифр до и после запятой и др. Для устройства ОПУ 2Р22 форматы слов следующие: $N03$; $X + 043$; $Z + 043$; $U + 043$; $W + 043$; $F023$; $T2$; $M2$; $S1-4$; $D043$; $C + 043$; $Q + 043$; $R + 0,43$; $B3$; $H3$; $L2$; $P11$; $A11$; E ; $G2$, *.

После адресов N , T , M , S , B , H , L , G в формате записывают одну цифру, показывающую количество цифр в слове. Если нули, стоящие перед первой значащей цифрой, можно опустить, то после адреса записывают две цифры, первая из которых нуль. После адреса слов,

13. Обозначение и назначение постоянных циклов

Обозначение цикла	Назначение
L01	Нарезание наружной или внутренней цилиндрической, конической, многопроходной, однопроходной резьбы
L02	Протачивание прямоугольных канавок
L03	Наружная обработка по схеме «петля»
L04	Внутренняя обработка по схеме «петля»
L05	Торцевая обработка по схеме «петля»
L06	Глубокоо сверление
L07	Нарезание резьбы метчиком или плашкой
L08	Черновая обработка с припуском и без него
L09	Обработка поковок
L10	Чистовая обработка
L11	Повторение участка программы

содержащего размерные перемещения A , P , X , U , R , Z , W , D , C , Q , F , записывают две цифры, первая из которых показывает количество разрядов перед, а вторая — после десятичной запятой, или три цифры, первая из которых нуль, что позволяет опустить нули перед первой значащей цифрой. Если абсолютные размеры всегда положительны, то между адресом и следующим за ним числом не ставят никакого знака, если они могут быть положительными или отрицательными, то между адресом и следующим за ним числом ставят знак «+». Например, $N03$ — трехзначный номер кадра. Незначащие нули перед номером можно не набирать: $N125$, $N012$ (или $N12$), $N003$ (или $N3$). Геометрическую информацию, т. е. значение координат конечных опорных точек участков траекторий по осям X и Z , или приращений U , W по осям X (U) или Z (W), записывают следующим образом: $X043$; $Z - 0,43$; $U0,643$; $W0,43$. Незначащие нули в начале и в конце геометрической информации, а также знак «+» могут опускаться. Например, перемещение по оси Z в точку с координатой $+36,18$ мм записывают

Z36,18; перемещение по оси Z на 364,583 мм к передней бабке — W — 364,583; перемещение по оси X до Ø 12,38 мм — X12,38; перемещение по оси X на 0,16 мм к оси центров — U — 0,16.

Время выдержки задают по адресу D с точностью до 0,001 с. Например, время выдержки 2 с записывают D2.

14. Обозначение и назначение вспомогательных технологических функций

Обозначение функций	Назначение
M00	Программируемый останов
M01	Останов с подтверждением
M02	Конец программы
M08	Включение охлаждения
M09	Выключение охлаждения
M17	Конец описания детали для циклов L08, L09, L10
M18	Конец участка программы, который будет повторяться в цикле L11
M20	Передача управления роботу РТК

15. Обозначение и назначение подготовительных функций

Обозначение функций	Назначение
G05	Используется для сопряжения элементов контура, когда в конце кадра не требуется торможения
G10	Задается перед кадрами, для которых необходима постоянная скорость резания (частота вращения изменяется автоматически в зависимости от диаметра)
G11	Отменяет действие функции G10

Подачу рабочего органа задают по адресу F, постоянные циклы — по адресу L, вспомогательные технологические команды — по адресу M, подготовительные функции — по адресу G (табл. 13—15). Обязательным условием конца УП является наличие в последнем кадре команды M02.

3. ПРОГРАММИРОВАНИЕ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ ШПИНДЕЛЯ, ПОДАЧИ И ПОЗИЦИИ ИНСТРУМЕНТА

Частота вращения шпинделя задается по адресу S, после которого записывают диапазон (1—3), знак направления вращения шпинделя и частоту вращения.

Знак «минус» обозначает вращение шпинделя по часовой стрелке. Запись S3 — 1500 показывает, что шпиндель вращается с частотой 1500 об/мин по часовой стрелке.

ке, а запись $S2\ 150$ — шпиндель вращается с частотой 150 об/мин против часовой стрелки.

Величину подачи рабочего органа задают по адресу F . Например, запись $F0,25$ показывает, что подача составляет 0,25 мм/об, запись $F1$ — подача 1 мм/об.

Поворот резцедержателя многолезвовой автоматической головки для установки инструмента в рабочую позицию задают по адресу T , после которого записывают номер позиции. Например, запись $T6$ показывает, что на рабочую позицию необходимо установить инструмент, находящийся в гнезде поворотного резцедержателя, которому присвоен номер шесть.

4. ПРОГРАММИРОВАНИЕ ЛИНЕЙНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

В зависимости от нанесения размеров на чертеже детали и последовательности обработки линейные перемещения могут быть заданы в абсолютной или относительной системах. Перемещение по оси X в абсолютной системе задается адресом X и координатой конечной точки пути относительно нулевой точки (нуля детали). Координаты в абсолютной системе по оси X задаются в диаметрах.

Запись кадра при линейном перемещении резца по координате X в абсолютной системе для протачивания наружной кольцевой канавки до $\varnothing\ 20$ мм (рис. 87, а) имеет вид: $N005\ X20^*$, а при протачивании внутренней канавки (рис. 87, б) — $N005\ X26^*$.

Без задания рабочей подачи линейное перемещение не реализуется, поэтому в одном из предыдущих кадров должна быть задана подача.

В относительной системе перемещение по оси X задается адресом U и числовым значением перемещения, которое представляет собой разность координат конечной и начальной точек относительно нулевой точки (X_2 — X_1). Если резец перемещается от оператора к шпинделю станка, перед числовым значением перемещения ставят знак «минус». Знак «плюс» всегда опускают.

При протачивании наружной канавки (рис. 87, в) перемещение резца равно 18 мм ($2\text{ мм} + 7\text{ мм}$) $\cdot 2 = 18$ мм. Запись кадра в относительной системе имеет вид: $N005\ U - 18^*$.

Аналогично для протачивания внутренней канавки (рис. 87, г) запись кадра можно представить следующим образом: $N005\ U18^*$.

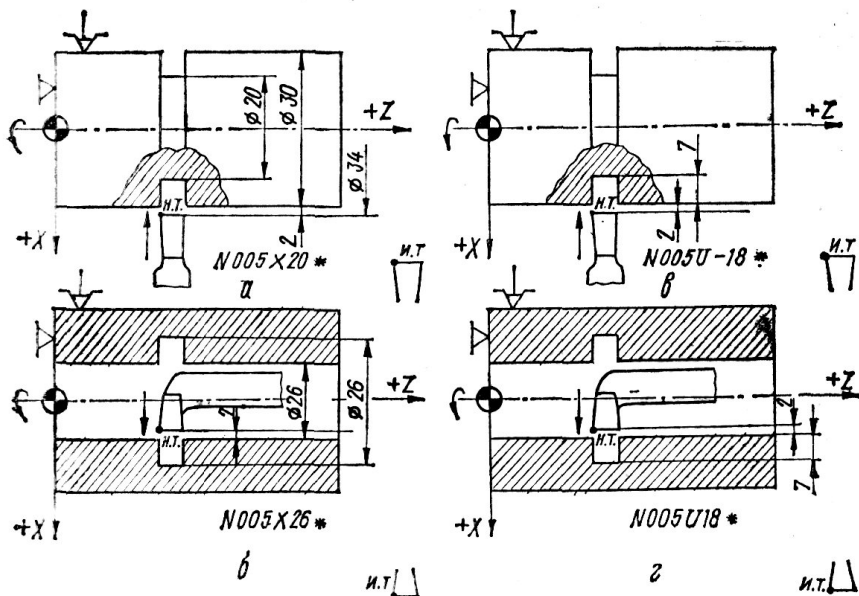


Рис. 87. Пример программирования линейных перемещений по оси X в абсолютной системе ($a, б$), в относительной системе ($в, г$).

Перемещения по оси Z в абсолютной системе задаются адресом Z и координатой конечной точки пути с ее знаком относительно нулевой точки. Перемещение по оси Z в относительной системе задается по адресу W . Числовое значение перемещения равно приращению координат соседних опорных точек ($Z_2 - Z_1$).

Направление движения в обеих системах определяется соответствующим знаком. В абсолютной системе ставит-

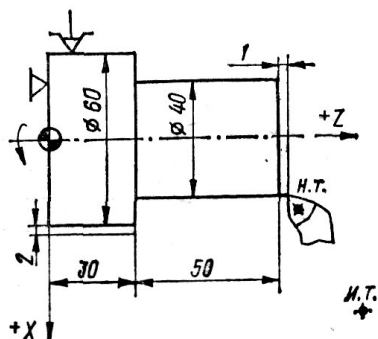


Рис. 88. Эскиз валика для иллюстрации программирования линейных перемещений по оси Z в абсолютной и относительной системах.

ся знак координаты, в которую происходит перемещение. В относительной системе перед числовым значением перемещения ставится знак «минус», если перемещение происходит в сторону противоположную положительному направлению оси.

Например, перемещение резца до точки с координатами $X = 40$ мм, $Z = 30$ мм (рис. 88) в абсолютной системе записывается кадром $N008 Z30*$ в относительной системе — кадром $N008 W - 51*$.

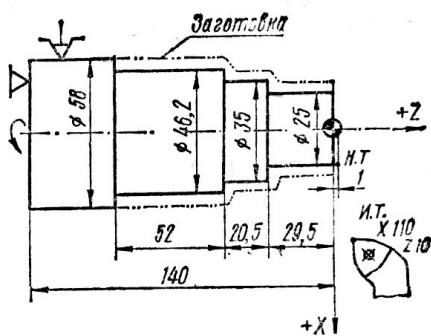
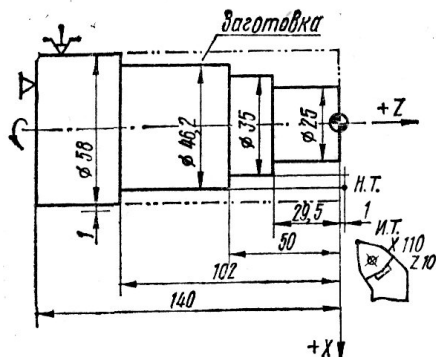


Рис. 89. Эскиз валика с нанесением размеров для программирования обработки в абсолютной системе.

Рис. 90. Эскиз валика с нанесением размеров для программирования обработки в относительной системе.

Управляющая программа с линейными перемещениями, записанными в абсолютной системе для заготовки из проката $\varnothing 58$ мм при $s = 0,3$ мм/об, $n = 500$ об/м (рис. 89), приведена ниже:

N001 S2 500 F0,3 T1 Второй диапазон, $n = 500$ об/мин, $s = 0,3$ мм/об; резцедержатель устанавливается в первую позицию

N002 X46,2 Z1E* Подход резца к н. т. X46,2 на быстром ходу (1 ступень)

N003 Z — 102* Точение $\varnothing 46,2$ мм на длину 102 мм

N004 X60* Отвод резца по оси X на рабочей подаче до $\varnothing 60$ мм

N005 Z1E* Отвод резца по оси Z на быстром ходу

N006 X39 E* Подвод резца к точке X39 на быстром ходу (1-й рабочий ход по 2-й ступени)

N007 Z — 50* Точение $\varnothing 39$ мм на длину 50 мм

N008 X48* Отвод резца по оси X на рабочей подаче до $\varnothing 48$ мм

N009 Z1E* Отвод резца по оси Z на быстром ходу

N010 X35E* Подвод резца к точке X35 (2-й рабочий ход на 2-й ступени)

N011 Z — 50* Точение $\varnothing 35$ мм на длину 50 мм

N012 X48* Отвод резца до $\varnothing 48$ мм

N013 Z1E* Отвод резца по оси Z на быстром ходу

N014 X25E* Подвод резца к $\varnothing 25$ мм на быстром ходу (3-я ступень)

N015 Z — 29,5* Точение $\varnothing 25$ мм на длину 29,5 мм

N016 X37* Отвод резца до $\varnothing 37$ мм

N017 M02* Конец программы (останов вращения, отвод резца на быстром ходу в исходное положение сначала по оси X , затем по оси Z).

Управляющая программа для обработки заготовки из штамповки при $s = 0,3$ мм/об, $n = 500$ об/мин (рис. 90) в относительной системе имеет такой вид:

N001 S2 500 F0,3 T1*

N002 X25 Z1E*

N003 W — 30,5*

N004 U10* ($\varnothing$ 35)

N005 W — 20,5*

N006 U11,2* ($\varnothing$ 46,2)

N007 W — 52*

N008 U13,8* ($\varnothing$ 60)

N009 M02*.

5. ПРОГРАММИРОВАНИЕ ОБРАБОТКИ КОНИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ И СНЯТИЯ ФАСОК ПОД УГЛОМ 45°

При программировании обработки конических поверхностей линейные перемещения по осям X и Z задают в одном кадре.

Управляющая программа для обработки детали, имеющей прямой и обратный конус (см. рис. 59), приведена ниже:

N001 S3 600 F0,25 T1* Третий диапазон, частота вращения шпинделя 600 об/мин, рабочая подача 0,25 мм/об, резец № 1

N002 Z5 X40 E* Подход резца к точке 1 с координатами $Z = 5$, $X = 40$ на быстром ходу

N003 Z0* Перемещение резца на рабочей подаче в точку с координатами $X = 40$, $Z = 0$

N004 X52 Z — 30* Движение вершины резца по контуру прямого конуса на рабочей подаче

N005 X40 W — 30* Движение вершины резца по контуру обратного конуса на рабочей подаче, перемещение по координате Z задано в относительной системе

N006 M02* Конец программы; возвращение резца в и. т.

Если вершина резца имеет закругление, то при переходе от цилиндрической поверхности к конической по осям X и Z выполняется коррекция на координаты конечной опорной точки (см. приложение 1).

Операцию снятия фаски под углом 45° задают кадром, в котором указывают следующие данные: координату, по которой идет обработка детали (X или Z); числовое значение координаты конечной точки перемещения

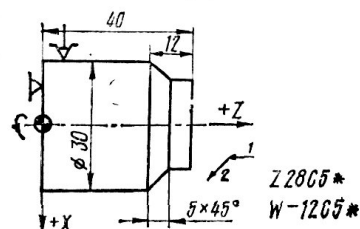
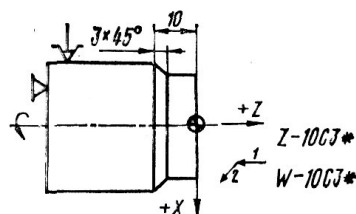
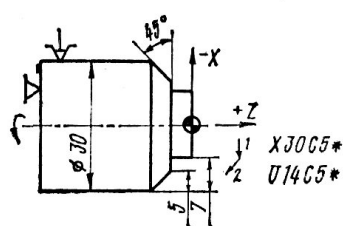


Рис. 91. Пример записи в кадрах УП обработки фасок при наружном точении:

1 — движение, предшествующее обработке фаски; 2 — направление движения по оси X при обработке фаски.

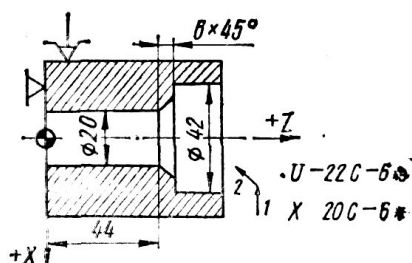
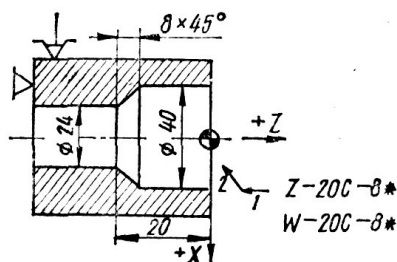


Рис. 92. Примеры записи в кадрах УП растачивания фасок:

1 — направление движения, предшествующее обработке фаски; 2 — направление движения по оси X при обработке фаски.

со знаком, указывающим направление перемещения; адрес C и число, определяющее величину фаски. Знак перед числом под адресом C соответствует знаку обработки на координате X . Направление по координате Z задают только со знаком «минус». Примеры программирования снятия фасок приведены на рис. 91, 92.

6. ПРОГРАММИРОВАНИЕ ОБРАБОТКИ ПО ДУГЕ ОКРУЖНОСТИ

Кадр УП, по которому программируют обработку галтели и скругления, содержит следующие данные: обозначение координаты, по которой идет обработка детали перед галтелью или скруглением (X или Z); числовое

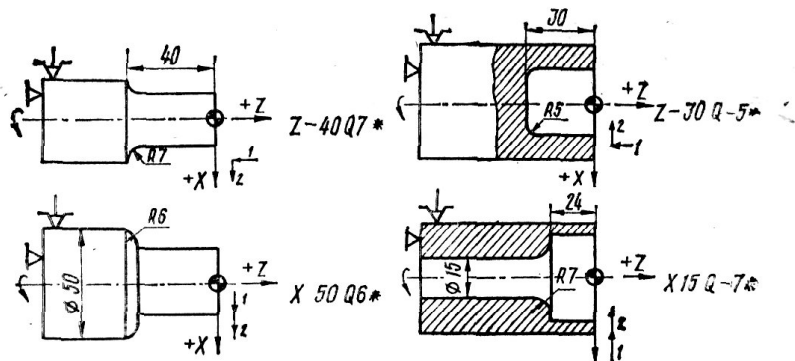


Рис. 93. Примеры записи в кадрах УП обработки галтелей и скруглений:

1 — направление движения до галтели или скругления; 2 — направление галтели или скругления по оси X.

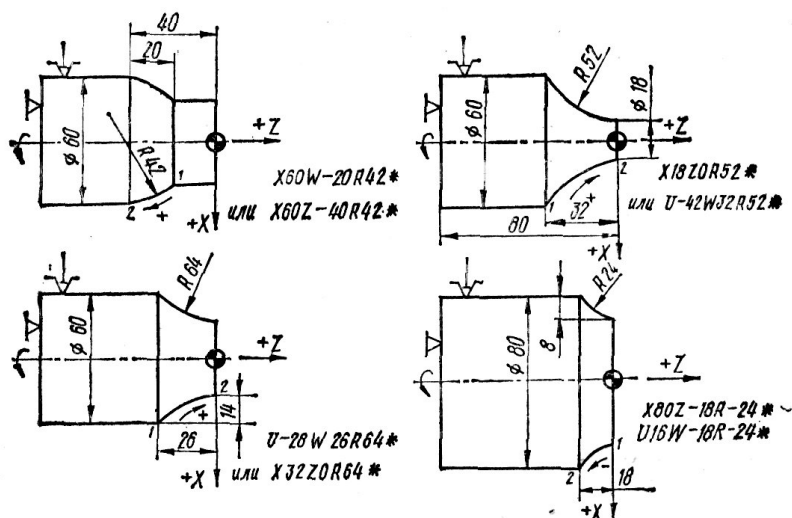


Рис. 94. Примеры записи в кадрах УП обработки наружных поверхностей по дуге окружности (в пределах угла меньше 90°).

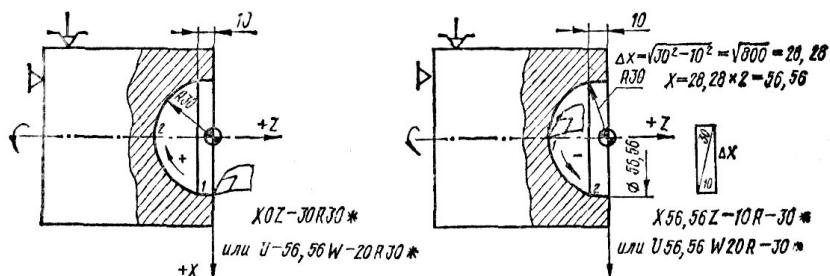


Рис. 95. Примеры записи в кадрах УП обработки внутренних поверхностей по дуге окружности (в пределах угла меньше 90°).

значение координаты конечной точки перемещения со знаком, указывающим направление перемещения; адрес Q и числовое значение радиуса галтели или скругления. Знак перед числовым значением под адресом Q должен совпадать со знаком обработки по координате X . Направление по координате Z задают только со знаком «минус».

Примеры записи обработки галтелей и скруглений в кадрах в абсолютной и относительной системах даны на рис. 93.

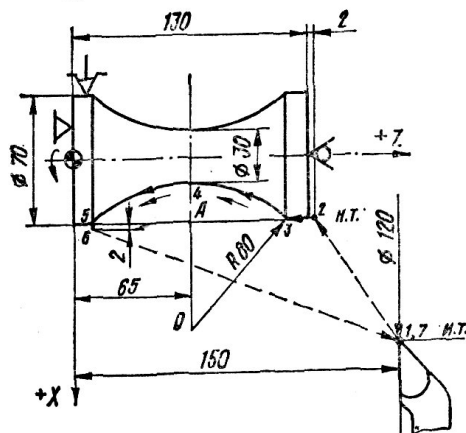


Рис. 96. Эскиз детали и циклограмма движения инструмента при обработке фасонной (радиусной) поверхности.

Кадр УП, которым программируют обработку дуг, содержит обозначение координат конечной точки дуги (X и Z), числовые значения координат конечной точки дуги в абсолютной или относительной системах, адрес R и числовое значение радиуса дуги со знаком «плюс» при обработке по часовой, «минус» — против часовой стрелки. Примеры записи обработки дуг в кадрах приведены на рис. 94, 95.

Управляющая программа чистовой обработки фасонной поверхности детали (рис. 96) контурным резцом приведена в абсолютной системе. Частота вращения шпинделя составляет 372 об/мин, подача — 0,53 мм/об. Исходная точка с координатами $Z = 150$ мм; $X = 120$ мм. Отрезок $OA = 80 - 20 = 60$ мм; $A\bar{3} = A\bar{5} = \sqrt{80^2 - 60^2} = 52,9$ мм.

Запись УП имеет следующий вид:

N001 S2 372F0,53 T1* Второй диапазон, $n = 372$ об/мин, $s = 0,53$ мм/об, резцедержатель устанавливается в первую позицию

N002 X70 Z132 E* Подвод к точке 2 на быстром ходу

N003 Z117,9* Перемещение в точку 3 на рабочей подаче

N004 X30 Z65 R — 80 G05* Перемещение по $R80$ мм из точки 3 в точку 4, отмена торможения в точке сопряжения дуг

N005 X70 Z12,1 R — 80* Перемещение по $R80$ мм из точки 4 в точку 5

N006 X74* Перемещение в точку б

N007 M02* Конец программы, отход в и. т. (7)

Эту же УП в относительной системе координат можно записать следующим образом:

N001 S2 372 F0,53 T1*

N002 U — 50 W — 18 E*

N003 W — 14.1*

N004 U — 40 W — 52,9 R — 80 G05*

N005 U40 W — 52,9 R — 80*

N006 U4*

N007 M02*

Для составления УП обработки фасонной поверхности детали с двумя сферическими поверхностями (рис. 97, а) при $n = 600$ об/мин, $s = 0,25$ мм/об.

Вначале следует определить размер δ , не заданный чертежом. Из $\triangle O_13K$ (рис. 97, б) находят

$$R - \delta = \sqrt{R^2 - 10^2} = \sqrt{22^2 - 10^2} = 19,6 \text{ мм};$$

$$\delta = R - 19,6 = 22 - 19,6 = 2,4 \text{ мм}.$$

Запись УП приведена ниже:

N001 S3 600 F0,25 T1* Третий диапазон, $n = 600$ об/мин, $s = 0,25$ мм/об, резцедержатель устанавливают в первую позицию

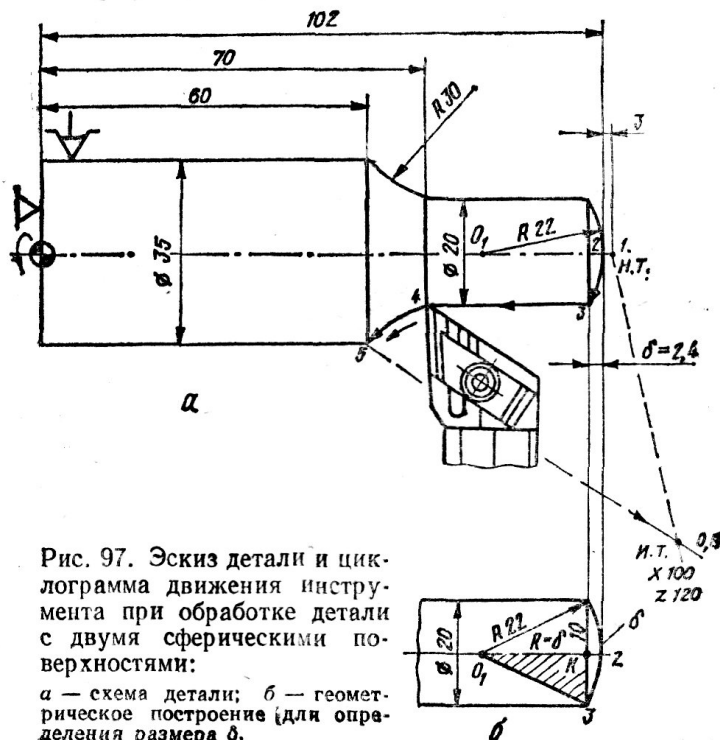


Рис. 97. Эскиз детали и циклограмма движения инструмента при обработке детали с двумя сферическими поверхностями:

а — схема детали; б — геометрическое построение (для определения размера δ).

N002 X0 Z105 E* Подход к точке 1 на быстром ходу

N003 Z102* Перемещение резца к точке 2 на рабочей подаче

N004 X20 W — 2,4 R22* Точение по дуге R22 мм (дуга 2—3)

N005 Z70* Точение в размер $\varnothing$ 70 мм (точки 3—4)

N006 X35 Z60 R — 30* Точение по дуге R30 мм (дуга 4—5)

N007 M02* Конец программы, отход в и. т.

7. ЦИКЛ НАРЕЗАНИЯ РЕЗЬБЫ L 01

Нарезание цилиндрических и конических резьб с автоматическим разделением на проходы программируют постоянным циклом L01.

Перед программированием нарезания резьбы задают начальную точку цикла со следующими координатами: X — равна наружному диаметру резьбы при нарезании наружной резьбы и внутреннему при нарезании внутренней резьбы; Z — равна значению координаты начала нарезания резьбы увеличенному на величину равную или больше двойного шага резьбы (для обеспечения разгона привода).

Структуру цикла записывают следующим образом: L01, F , W , X , A , P , C , где F — шаг резьбы; W — длина резьбы; X — внутренний диаметр резьбы; A — наклон резьбы, т. е. разность диаметров для конической резьбы (для цилиндрической резьбы $A = 0$); P — максимальная глубина резания за один проход (на радиус); C — сбеги резьбы (запись C1 означает, что сбеги равны шагу резьбы, C0 — сбеги отсутствуют).

Внутренний диаметр резьбы определяется по таблицам для резьб [5]. При многопроходном цикле параметр P принимают меньше глубины резьбы, а при однопроходном — равным глубине резьбы. Параметр A программируют без знака, W — со знаком «минус».

При многопроходном цикле нарезания резьбы перед каждым очередным рабочим ходом резец автоматически смещается по координате Z влево или вправо для того, чтобы происходило резание одной кромкой резца. На последнем рабочем ходу резец работает двумя кромками. На последнем витке осуществляется выход резца (резьба со сбегами). Фрагмент УП нарезания цилиндрической резьбы $M36 \times 1,5$ (см. рис. 77) приведен ниже:

...N011 S3 600 F0,4 T3* Третий диапазон технологические параметры $n = 600$ об/мин; $S = 0,4$ мм/об; резцедержатель устанавливается в третью позицию

N012 X38 Z4,5 E* Подход резца к зоне резания на быстром ходу. Между торцом детали и вершиной резца расстояние ΔZ составляет $4,5 \text{ мм} > 2F$

N013 X36 M08* Резец устанавливают в начальную точку/цикла, включают подачу СОЖ

N014 L01 F1,5 W — 57 X34,38 A0 P0,4 CO* Шаг резьбы составляет 1,5 мм, величина перемещения резца с учетом выхода в канавку — 57 мм, внутренний диаметр резьбы — 34,38 мм; A0 — наклон отсутствует; P — глубина резания за первый проход (на радиус) составляет 0,4 мм; CO — без сбег.

Фрагмент УП для нарезания конической резьбы с шагом $P = 2$ мм (см. рис. 78), $\Delta Z = 5,8$ мм (см. рис. 39) приведен ниже:

N013 X19,84 M08

N014 L01 F2 W — 77,8 X17,8 A6 P0,45 C1.

Здесь A6 — приращение диаметров конической резьбы ($26 - 20 = 6$ мм), C1 — сбеги, равные шагу $P = 2$ мм.

8. ЦИКЛ ПРОТАЧИВАНИЯ КАНАВОК L 02

Управляющую программу протачивания канавок с автоматическим разделением на проходы выполняют по постоянному циклу L02.

Структура цикла имеет вид: L02, D, X, A, P, где D — выдержка времени в конце рабочего хода; X — внутренний диаметр канавки, мм; A — ширина канавки, мм; P — ширина режущей кромки резца, мм.

Цикл включает перемещение резца на рабочей подаче до координаты X, выдержку времени (адрес D), его возврат в исходную точку на быстром ходу, смещение по координате Z в положительную сторону на величину P (процесс повторяется столько раз, сколько нужно для достижения ширины канавки A).

Для обработки канавки с перекрытием параметр P задают меньше ширины резца, а параметр A уменьшают на эту разность ($A - P$).

Для однопроходной канавки параметр $P = A$. Цикл завершается ускоренным отводом по оси X в начальную точку. При этом по оси Z резец остается в точке последнего рабочего хода.

Фрагмент УП с протачиванием канавки (рис. 98) приведен ниже:

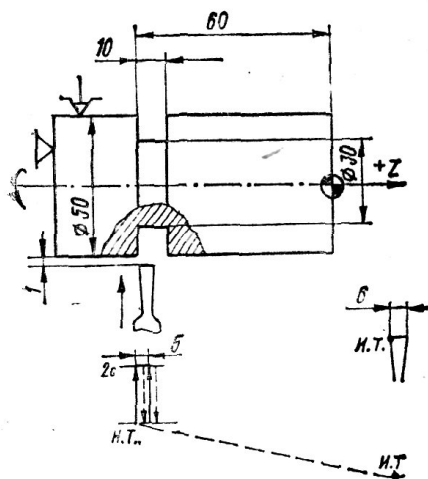


Рис 98. Схема для иллюстрации программирования протачивания канавки (цикл L02).

...N009 S2 700 F0,5 T2*

Третий диапазон, технологические параметры: $n = 700$ об/мин, $s = 0,5$ мм/об; резцедержатель устанавливается во вторую позицию

N010 X56 Z — 60 E*

Подвод резца к зоне обработки на быстром ходу

N011 X52* Установка резца в н. т. цикла

N012 L02 D2 X30 A9 P5* Протачивание канавки с внутренним $\varnothing 30$ мм, шириной 10 мм, резцом с шириной кромки 6 мм, выдержка времени в конце рабочего хода — 2 с

N013 M02* Возврат в и. т., конец программы.

9. ЦИКЛЫ НАРУЖНОГО И ВНУТРЕННЕГО ТОЧЕНИЯ ПО СХЕМЕ «ПЕТЛЯ» L 03, L 04

Однократное наружное или внутреннее точение заготовки по координате Z с автоматическим возвратом в начальную точку программируется постоянными циклами L03 и L04. Структура этих циклов имеет следующий вид: L03 (L04), W, где W — длина петли.

Циклы включают перемещение на рабочей подаче на величину W с учетом знака, быстрый отвод (отскок) на

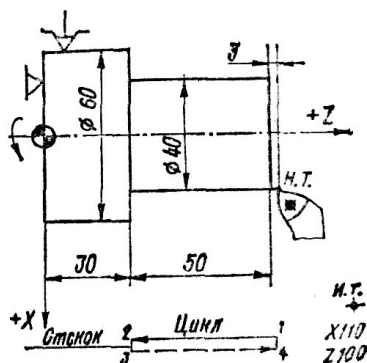


Рис. 99. Схема детали для иллюстрации программирования наружного точения детали (цикл L03).

1 мм по оси X и возврат на быстром ходу в н. т.

Запись УП для наружного точения (рис. 99) с применением цикла L03 (наружной «петли») имеет следующий вид:

N001 S3 1100 F0,3 T1 Третий диапазон, технологические параметры: $n = 1100$ об/мин, $s = 0,3$ мм/об

N002 X40 Z3 E* Подход к н. т. цикла 1

N003 L03 W — 53* Перемещение из точки 1 в точку 2 на рабочей подаче, отскок на 1 мм, отвод на быстром ходу в точку 1

N004 M02* Остановка шпинделя, конец программы, возврат в и. т.

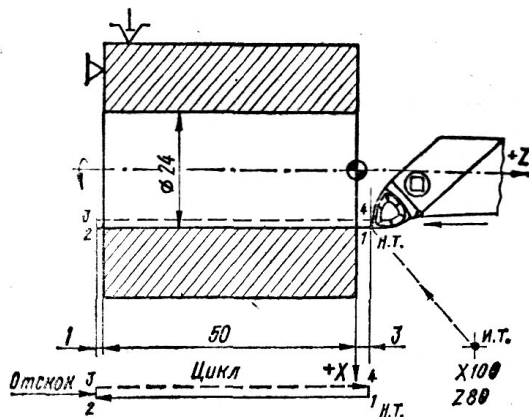


Рис. 100. Схема для иллюстрации программирования растачивания детали (цикл L04).

Запись УП для растачивания (рис. 100) с применением цикла L04 (внутренней «петли») имеет следующий вид:

N001 S3 600 F0,3 T1* Третий диапазон $n = 600$ об/мин, $s = 0,3$ мм/об

N002 X24 Z3 E* Подход к н. т. цикла 1

N003 L04 W — 54* Перемещение из точки 1 в точку 2, отскок на 1 мм в точку 3, перемещение из точки 3 в точку 4, а затем в точку 1 на быстром ходу

N004 M02* Конец программы, возврат в и. т.

10. ЦИКЛ ТОРЦЕВОЙ ОБРАБОТКИ ПО СХЕМЕ «ПЕТЛЯ» L05

Однократное подрезание торцев с автоматическим возвратом в начальную точку программируется постоянным циклом L05.

Структура постоянного цикла имеет вид L05, X, где X — конечный диаметр подрезаемого торца.

Цикл L05 содержит перемещение на рабочей подаче по оси X до заданного диаметра, отскок на 1 мм по координате Z в положительную сторону, возврат на быстром ходу в н. т. («торцевая петля»).

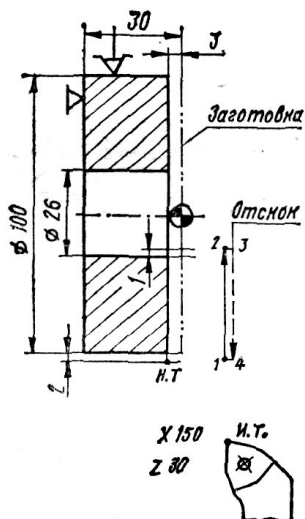


Рис. 101. Схема детали для иллюстрации программирования торцевой обработки детали (цикл L05).

В процессе обработки по мере изменения диаметра происходит автоматическое бесступенчатое регулирование частоты вращения шпинделя с целью поддержания постоянства заданной скорости резания, если до цикла L05 была задана функция G10.

Запись УП обработки торцевой поверхности детали (рис. 101) приведена ниже:

N001 S3 700 F0,25 T1* Третий диапазон, $n = 700$ об/мин, $s = 0,25$ мм/об

N002 X104 —3 E* Подход к н. т. цикла 1

N003 G10* Задание постоянной скорости резания

N004 L05 X24* Подрезание торца на рабочей подаче (перемещение из 1 в 2), отскок на 1 мм (3), отвод на быстром ходу в точки 4 и 1

N005 M02* Конец программы, возврат в и. т.

11. ЦИКЛ ГЛУБОКОГО СВЕРЛЕНИЯ L06

Глубокое сверление отверстий выполняют с периодическим выводом сверла для его охлаждения и снятия напряжения продольного изгиба. Программирование та-

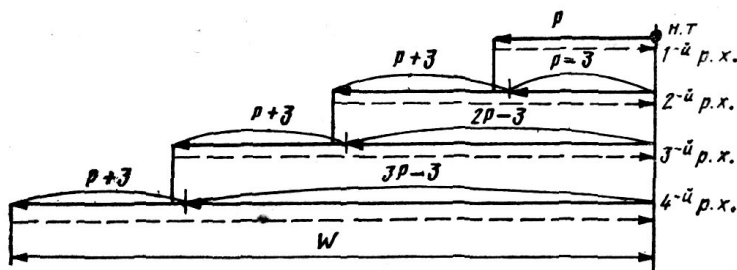


Рис. 102. Схема автоматического цикла глубокого сверления L06.

кой обработки производится с применением постоянного цикла глубокого сверления с автоматическим разделением на проходы — L06.

Структура цикла глубокого сверления имеет следующий вид: L06, P, W, где P — глубина сверления за один рабочий ход; W — общая глубина сверления.

Цикл включает перемещение на рабочей подаче на величину P , возврат на быстром ходу в н. т., перемещение на быстром ходу в точку, отстающую от точки предыдущего сверления на 3 мм, перемещение на рабочей подаче на величину $(P + 3)$ мм и т. д. до достижения требуемой глубины сверления W (рис. 102). Фрагмент УП для глубокого сверления (см. рис. 70) приведен ниже:

...N007 S2 400 F0,35 T2* Второй диапазон, $n = 400$ об/мин, $s = 0,35$ мм/об

N008 X0 Z6 E* Подход к н. т. цикла

N009 L06 P45 W — 180* Сверление на глубину 45 мм за один проход (общий путь прохода сверла 180 мм)

N010 M02* Конец программы.

12. ЦИКЛ НАРЕЗАНИЯ РЕЗЬБЫ МЕТЧИКОМ ИЛИ ПЛАШКОЙ L07

Для программирования нарезания внутренней резьбы метчиком, а наружной резьбы плашкой применяют постоянный цикл L07.

Структура цикла имеет следующий вид: L07, F , W , где F — шаг резьбы, мм; W — общий путь прохода инструмента (с учетом воздушного зазора и перебега).

Цикл включает следующие действия: перемещение на величину W при подаче, равной шагу F ; реверс шпинделя; возврат в н. т.

Фрагмент УП нарезания резьбы метчиком (см. рис. 79) приведен ниже:

...N015 S2 120 T3* Второй диапазон, $n = 120$ об/мин; вызов метчика на рабочую позицию.

N016 X0 Z3 E* Подход к н. т. цикла

N017 L07 F1,5 W — 53* Нарезание резьбы с шагом 1,5 мм на длину 50 мм

018 M02* Конец программы.

13. ЦИКЛЫ МНОГОПРОХОДНОЙ ОБРАБОТКИ L08, L09

Многопроходная обработка цилиндрических заготовок или заготовок с контуром, близким к конечному, например, поковок, с автоматическим разделением на проходы программируется соответственно циклами L08 и L09.

Структура постоянных циклов L08 и L09 имеет следующий вид: L08 (L09), A , P , где A — припуск под чисто-

вую обработку в мм (если чистовой рабочий ход не задается, то $A = 0$); P — максимальная глубина резания, мм, за один рабочий ход (на сторону).

Циклы $L08$ и $L09$ применяют при обработке деталей с увеличивающимся в случае наружной обработки или уменьшающимся при внутренней обработке диаметром. После программирования кадра, содержащего эти циклы, необходимо запрограммировать описание конечного контура детали, которое может состоять из одного или не-

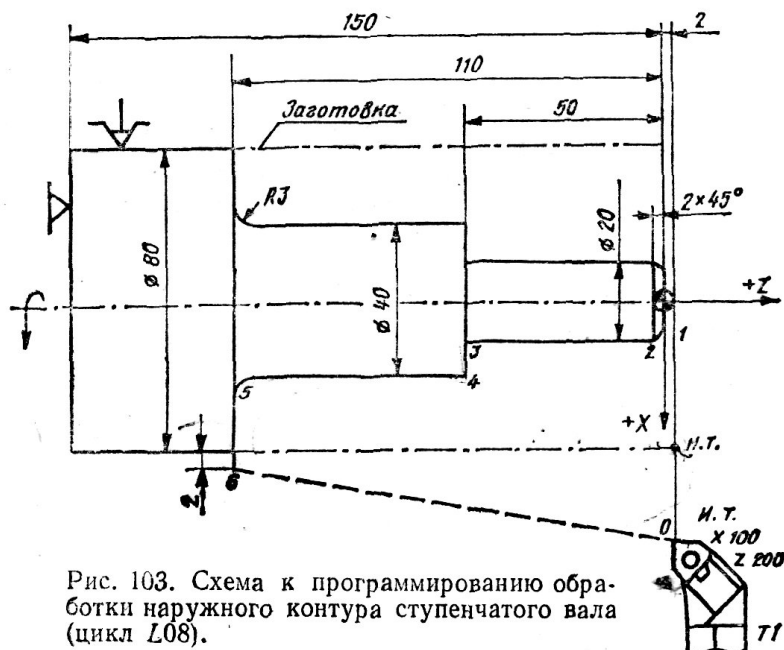


Рис. 103. Схема к программированию обработки наружного контура ступенчатого вала (цикл $L08$).

скольких кадров, но не более пятнадцати. Кадры с фасками и галтелями считаются за два.

Деталь описывают в сторону шпинделя. Признаком окончания описания детали служит функция $M17$. Припуск под чистовую обработку по оси Z определяется путем деления заданного припуска по диаметру на четыре:

Начальной точкой цикла $L08$ является начало заготовки.

Управляющая программа для обработки ступенчатого цилиндрического валика по циклу $L08$ (рис. 103) приведена ниже:

$N001 S2 500 F0,3 T1*$ Второй диапазон, $n = 500$ об/мин, $s = 0,3$ мм/об; резцедержатель устанавливают в первую позицию

$N002 X80 Z2 E*$ Быстрый подход к н. т. цикла

$N003 Z0*$ Подвод к н. т. цикла

N004 L08 A0 P5* Многопроходная обработка (при-
 пуск под чистовую обработку A0, глубина резания 5 мм)
 N005 X20 C2* Обработка фаски $2 \times 45^\circ$ (точка 2)
 N006 Z — 50* Подвод в точку 3
 N007 X40* Подвод в точку 4
 N008 Z — 110 Q3* Обработка галтели R3 (точка 5)
 N009 X84 M17* Отвод в точку 6, конец описания
 детали

N010 M02* Конец программы, возврат в и. т.

Для определения значения координат начальной точ-
 ки цикла L09 необходимо сначала вычислить величины
 максимальных припусков по длине на сторону и диамет-
 ру. Если учетверенный припуск по длине больше при-
 пуску по диаметру, то координату $X_{н.т.}$ находят как сум-
 му диаметра правого торца и учетверенного припуска

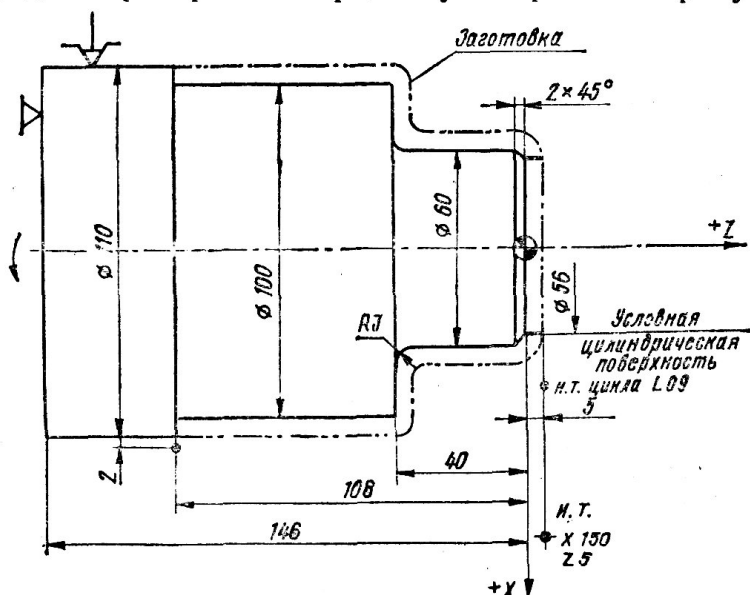


Рис. 104. Схема к программированию наружного точения канавки (цикл L09).

по длине, а координату $Z_{н.т.}$ — как сумму координат Z торца и припуска по длине на сторону.

Когда учетверенный припуск по длине на сторону
 меньше, чем припуск по диаметру, то координатой $X_{н.т.}$
 является сумма диаметра правого торца и припуска по
 диаметру, а координатой $Z_{н.т.}$ — сумма координаты Z
 торца и припуска по диаметру деленному на четыре.

Например, для заготовки (рис. 104) учетверенный
 припуск по длине на сторону равен 20 мм, т.е. больше
 припуска по диаметру. Следовательно, координата $X_{н.т.}$

будет равна 80 мм ($60 + 20 = 80$ мм), а координата $Z_{н.т.} = 5$ мм.

Если конечный контур детали начинается с фаски, галтели или конуса, необходимо программировать перед циклом L09 условную цилиндрическую ступень на длине припуска по координатам X и Z (см. рис. 104).

Управляющая программа для обработки цилиндрической ступени в случае применения цикла L09 (см. рис. 104) имеет вид

N001 S2 600 F0,5 T1* Задание технологических параметров

N002 X80 Z5 E M08* Подход резца к начальной точке цикла L09, включение подачи СОЖ

N003 G10* Задание постоянной скорости резания

N004 L09 A0 P3* Задание максимальной глубины резания 3 мм на радиус

N005 X56* } Условная цилиндрическая ступень;
N006 Z0* }

N007 X60 C2* Программирование фаски $2 \times 45^\circ$

N008 Z — 40 Q3* Обработка $\varnothing 60$ мм и галтели R3 мм

N009 X100* Подрезание уступа до $\varnothing 100$ мм

N010 Z — 108* Обработка $\varnothing 100$ мм

N011 X114 M17* Подрезание уступа до $\varnothing 114$ мм

Конец описания детали

N012 Z0 E* Отход по оси Z на координату $Z = 0$

N013 X62 E* Подвод по оси X на координату X62

N014 X0 F0,25* Подрезание торца

N015 Z1 E M09* Отход на координату $Z = 1$, включение подачи СОЖ

N016 M02* Конец программы.

14. ЦИКЛ ЧИСТОВОЙ ОБРАБОТКИ ПО КОНТУРУ С ЗАДАННОГО НОМЕРА КАДРА L10

В тех случаях, когда при обработке с одного установа производится черновое и чистовое точение (в одной УП), для упрощения программирования и уменьшения объема УП применяют постоянный цикл чистовой обработки по контуру с заданного кадра L10. В этом случае чистовая обработка выполняется по программе для черновой обработки.

Структура цикла имеет вид L10, B, где B — номер кадра начала повторения описания контура детали. В первую очередь необходимо запрограммировать н. т.

цикла, координаты которой должны совпадать с координатами начала конечного контура.

Признаком конца описания контура детали для цикла L10 является функция M17.

Запись УП для обработки детали (см. рис. 103) с черновым и чистовым точением (циклы L08 и L10) приведена ниже:

N001 S2 500 F0,3 T1*

N002 X80 Z2 E*

N003 Z0*

N004 L08 A1 P5* Задание черновой обработки.

Припуск на чистовую обработку 1 мм (диаметральный).

N005 X20 C2*

N006 Z —50*

N007 X40*

N008 Z — 110 Q3*

N009 X84 M17*

N010 S2 1000 F0,1 T2*

N011 Z0 E*

N012 X16 E*

N013 L10 B5* Задание чистовой обработки с кадра
N005

N014 M02*

} Описание детали

15. ЦИКЛ ПОВТОРЕНИЯ ЧАСТИ ПРОГРАММЫ L11

Если одинаковые элементы расположены на детали через равномерные промежутки (имеют постоянный шаг), то их программирование значительно упрощается в случае применения постоянного цикла L11.

Структура цикла имеет следующий вид: L11, H, B, где H — число повторений одинаковых элементов.

Признаком конца участка программы, который будет повторяться в цикле L11, является функция M18.

Фрагмент УП с применением цикла L11 (см. рис. 75) приведен ниже:

...N005 S2 X300 F0,1 T2* }

N006 X84 Z0 E* }

N007 F1,5W — 25 E* }

} Участок программы, описывающий протачивание канавки (цикл L02) с последующим смещением по оси Z на 25 мм для задания цикла L11

- N008 F0,1 X80,5*
 N009 L02 D0,5 X60 A12 P4* } Конец участка
 N010 X84 W — 8 F1,5 M18* } программы, кото-
 } рый повторяется в
 } цикле L11
 N011 L11 H2 B7* Цикл L11, число повторений
 — 2, начало повторения — с кадра 7
 N012 W — 4* } Участок программы,
 N013 F0,5 U — 16 W4* } описывающий точение
 N014 X84 E* } скоса и учитывающий
 } смещение по оси Z на
 } 25 мм для последующе-
 } го задания цикла L11
 N015 F1,5 W25 M18* } Конец участка програм-
 } мы, который будет пов-
 } торяться в цикле L11
 N016 L11 H3 B12* Цикл L11, число повторений
 — 3, начало повторения с кадра 12

16. РАЗРАБОТКА УП ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ НА СТАНКЕ 16К20Ф3С32 С ОПУ 2Р22

Ниже приведен пример УП для обработки резьбового валика (см. рис. 80) на станке 16К20Ф3С32 (исходные данные см. в главе 3):

N001 S3 372 F0,53 T1 M08* Третий диапазон, $s = 0,53$ мм/об, $n = 372$ об/мин, резец N1 — черновой, включение подачи СОЖ

N002 X70 I17 E* Подход к начальной точке для цикла L08

N003 L08 A2 P4* Задание цикла L08, припуск 2 мм на диаметр под чистовую обработку, глубина резания 4 мм

N004 X24*	}	Описание контура детали
N005 Z80*		
N006 X30*		
N007 X40 Z50*		
N008 W — 14 Q3*		
N009 Z30 Q6*		
N010 X70 M17*		

N011 S3 600 F0,2* Изменение режима

N012 X29 Z113 E* Начальная точка перед черновой подрезкой торца

N013 L05 X0* Подрезка торца черновая, цикл L05 $n = 600$ об/мин, $s = 0,2$ мм/об

N014 S3 1000 F0,2 T2* { Третий диапазон, $n =$
 $= 1000$ об/мин, $s =$
 $= 0,2$ об/мин, резец № 2
 — чистовой

N015 X24 Z117 E* Подход к начальной точке для цикла L10

N016 G10* Задание постоянства скорости резания

N017 L10 B4* Задание цикла L10, описание детали с четвертого кадра, чистовая обработка

N018 G11* Отмена G10

N019 X25 Z112 E* Начальная точка перед чистовой подрезкой торца

N020 X0* Чистовая подрезка торца

N021 X25 C2,5* Фаска $2,5 \times 45^\circ$

N022 S3 600 F0,25 T3* Третий диапазон, $s =$
 $= 0,25$ мм/об, $n = 600$ об/мин, резец N3 — прорезной

N023 X32 Z80 E* Начальная точка перед протачиванием канавки

N024 X20* Протачивание канавки до $\varnothing 20$ мм

N025 X32 E* Вывод резца из канавки

N026 S3 1563 F0,38 T4* Третий диапазон, $s =$
 $= 0,38$ мм/об; $n = 1536$ об/мин, резец 4 — резьбовой

N027 X24 Z119 E* Исходная точка перед нарезанием резьбы

N028 L01 F1,5 W — 39,5 X22,22 P0,3 C0* Цикл нарезания резьбы $M24 \times 1,5$

N029 M09* Выключение подачи СОЖ

N030 M02* Конец программы.

17. СОСТАВЛЕНИЕ УП ДЛЯ ВВОДА С ПЕРФОЛЕНТЫ

В основе ЧПУ лежит двоично-десятичная система, в которой каждое число представляется в десятичной системе, но записывается в двоичной.

В десятичной системе любое число можно представить состоящим из нескольких единиц, десятков, сотен и т. д. Например, число 9375 можно представить в следующем виде: $9 \times 1000 + 3 \times 100 + 7 \times 10 + 5 \times 1 = 9375$. Учитывая, что единица равна 10^0 , $10 = 10^1$; $100 = 10^2$; $1000 = 10^3$ и т. д., можно записать: $9375 = 9 \times 10^3 + 3 \times 10^2 + 7 \times 10^1 + 5 \times 10^0$. Таким образом, в десятичной системе каждое число представляет собой сумму различных степеней числа 10, взятых в каждом разряде (в тысячах, сотнях, десятках, единицах), от нуля до 9999 раз, т. е. основанием системы является число 10.

В двоичной системе числа выражают, используя коэффициенты степенных значений числа 2, т. е. основанием системы является число 2. Например, число $3 = 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0$. В двоичной системе его можно записать следующим образом: 11, т. е. записать только коэффициенты перед значениями числа 2. Число $4 = 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 0 \times 2^0$ записывается как 100, число $5 = 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0$ как 101; число $8 = 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 0 \times 2^0$ — как 1000, число $13 = 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0$ — как 1101 и т. д.

В двоично-десятичной системе числа 8, 4, 2 и 1 являются «весами» кода. Например, число $9875 = 9 \times 1000 + 8 \times 100 + 7 \times 10 + 5 \times 1$ записывают в двоичной системе следующим образом: $9 = 8 + 1$, т. е. как $1 \times 2^3 + 1 \times 2^0$; $8 = 1 \times 2^3$; $7 = 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0$; $5 = 1 \times 2^2 + 1 \times 2^0$.

Запись числа 9875 пробивками (перфорацией) на ленте производится на четырех строчках (рис. 105). В первой строчке записывают цифру 9, т. е. пробивают отверстия на дорожках, соответствующих цифрам 8 и 1. Для

Числа	Весы				Разряды
	$2^3=8$	$2^2=4$	$2^1=2$	$2^0=1$	
9	•	•	•	•	Тысячи
8	•	•	•	•	Сотни
7	•	•	•	•	Десятки
5	•	•	•	•	Единицы

Рис. 105. Запись числа 9875 перфорацией на ленте в двоично-десятичном коде.

цифры 8 пробивают отверстие на дорожке 4, для цифры 7 — на дорожках 1—3, для цифры 5 — на дорожках 1 и 3.

Двоично-десятичная система кодирования наглядна и проста, легко шифруется на ленте и прочитывается. Для записи любого числа в этой системе необ-

ходимо знать только правила записи в двоичной системе цифр 1—9.

Для станков с ЧПУ кодирование пути перемещения рабочего органа (геометрической информации) и технологических команд, т. е. данных о скоростях перемещений режущего инструмента относительно обрабатываемой заготовки, частоте вращения шпинделя, смене инструмента, автоматических циклах, подаче охлаждающей жидкости, производится по международному коду ISO-7-bit (ГОСТ 13052—74).

Управляющая программа в этом коде записывается на 8 дорожках бумажной ленты шириной 25,4 мм (ГОСТ 10860—83).

Основные символы кода ISO-7-bit, применяемые в устройстве ОПУ 2Р22, приведены в табл. 16.

16. Основные символы кода *ISO-7-bit*, применяемые в устройстве ОПУ 2Р22

7		признак буквенного адреса (от А до О)	
7 и 6		признак буквенного адреса (от Р до Z)	
6		признак служебного знака (+, -, %, /)	
6 и 5		признак цифры	

Номер дорожки									Символы и их числовые эквиваленты
8	7	6	5	4	Т	3	2	1	
Числа десятичной системы (веса)									
8 — 4 2 1									
Степени числа „два“									
2 ³ 2 ² 2 ¹ 2 ⁰									
									Цифра 0
•		•	•		•			•	„ 1
•		•	•		•			•	„ 2
		•	•				•	•	„ 3
•		•	•				•		„ 4
		•	•		•	•		•	„ 5
		•	•		•	•	•		„ 6
•		•	•		•	•	•	•	„ 7
•		•	•		•				„ 8
		•	•	•	•			•	„ 9
	•				•			•	А Пропуск под чистовую обработку (1)
	•				•		•		В С какого кадра повторение (2)
•	•				•			•	С Фаска под углом 45° (3)
	•				•				Д Выдержка времени (4)
•	•				•	•		•	Е Функция подачи (быстрый ход) (5)
•	•				•	•			Ф Функция подачи (рабочая подача) (6)
	•				•		•	•	Г Подготовительная функция (7)
	•			•	•				Н Число повторений (8)
•	•			•	•	•			Л Цикл (12)
	•			•	•	•		•	М Вспомогательная функция (13)
	•			•	•	•	•		Н Номер кадра (14)
	•		•		•				Р Глубина резания, ширина резца (0)
•	•		•					•	Q Галтель (1)
•	•						•		Р Дуга (2)
	•		•		•		•	•	С Скорость главного движения (3)
•					•	•			Т Функции инструмента (4)
			•		•	•	•		U Перемещение по оси X в приращениях (6)
•	•		•			•	•	•	W Перемещение по оси Z в приращениях (7)
•	•		•	•					X Перемещение по оси X в абсолютных значениях (8)
	•		•	•			•		Z Перемещение по оси Z в абсолютных значениях (9)
		•		•				•	+ плюс (направление перемещения) (11)
•	•		•				•		— минус (13)
•	•						•	•	% начало программы (5)
•			•		•	•	•	•	/ пропуск кадра (15)
			•		•	•	•	•	* (ПС) конец кадра (10)

На программоносителе пробивается (перфорируется) 8 рядов (дорожек) перфорации. Признаком цифр является пробивка отверстий на дорожках 5 и 6. Например, цифра 0 обозначается пробивкой на дорожках 5 и 6, цифра 1 — пробивкой на дорожке 1 (вес 1) и на дорожках 5 и 6, цифра 6 — пробивкой на дорожках 2 и 3 (весы 2 и 4) и на дорожках 5 и 6 и т. д.

В системе кодирования для устройства ОПУ 2Р22 используются те же функции, что и при программировании с вводом программ с пульта управления.

В рукописи УП после каждого кадра записывают символ ПС (перевод строки) или значок «звездочка», что соответствует пробивке на ленте условной цифры 10 (8 + + 2). Пробивку этого символа осуществляют одновременно с переводом строки нажатием специальной клавиши пишущей машинки устройства подготовки данных для перфоленты (УПДЛ). При нажатии клавиши ПС каретка пишущей машинки автоматически возвращается в исходное положение. Пропуск между кадрами (3—5 строк) выполняют кратковременным нажатием на специальную клавишу пишущей машинки УПДЛ.

Признаком знака является пробивка условного числа, соответствующего знаку, и одновременно пробивка на дорожке 6. Например, знак «плюс» обозначается условным числом 11 (пробивка на дорожках 1, 2, 4) и пробивкой на дорожке 6.

Для контроля правильности задания символа электронным устройством системы ЧПУ в том случае, если сумма всех отверстий в строке является нечетным числом, на дорожке 8 пробивается отверстие.

Отличительной особенностью программирования для устройств ОПУ 2Р22 на перфоленте является то, что значения величин, содержащих единицы длины или времени (F , Z , X , D , U , P и т. д.), программируются в тысячных долях миллиметров и секунд. Например, перемещение по оси Z , равное 50 мм ($Z50$), при программировании на перфоленте записывают $Z50000$.

Началом программы является символ $N001$, концом — символы $M02$ и ПС.

В системе проводится автоматический контроль каждого символа, введенного с перфоленты. При ошибке в правом верхнем углу БОСИ индицируется «? ФС».

Запись УП для обработки фасонной детали (см. рис. 99) приведена ниже:

$N001 S2 372 F530 T1*$

$N002 X70000 E*$

N003 Z132000 E*

N004 Z117900*

N005 X30000 Z65000 R — 80000 G05*

N006 X70000 Z12100 R — 80000*

N007 X74000*

N008 M02*.

Первый кадр этой УП, записанный на ленте-программононосителе в коде *ISO-7-bit*, приведен на рис. 106.

Отверстия в программононосителе перфорируют устройством подготовки данных на ленте (УПДЛ). Наиболее распространенными УПДЛ являются ЕС-9024, «Брест-1Т», «Препамат» и др.

Устройство ЕС-9024 позволяет выполнять следующие операции: наносить буквенно-цифровую информацию в виде отверстий на перфоленту с помощью пишущей машинки с одновременным печатанием наносимой информации на бланке; распечатывать информацию, содержащуюся на перфоленте; изготавливать дубликат перфоленты; сравнивать в целях контроля две перфоленты; исправлять обнаруженные в перфоленте ошибки.

В состав устройства ЕС-9024 входят шкаф управления, в котором размещено электронное оборудование и блоки питания, приборный стол с электрофицированной пишущей машинкой «Консул-256» и перфоратором ПЛ-150М, панель ЕС 9024/В000, размещенная в столе под пишущей машинкой. С помощью клавиатуры пишущей машинки УПДЛ можно печатать буквенную (латинские и русские алфавиты) и цифровую информацию, а также служебные знаки.

Подготовку УП выполняют с применением различных средств вычислительной техники. На заводах получили распространение автоматизированная подготовка и контроль УП с применением ЭВМ. На ЭВМ (например, «АРМ-ТП», «Искра 226», «СМ1420») выполняют различные технологические задачи (разделение переходов на рабочие и холостые ходы, расчет режимов резания и т. д.), определяют координаты опорных точек и корректируют УП в зависимости от конкретных условий обработки.

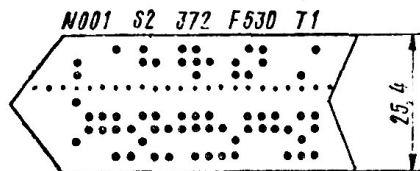


Рис. 106. Кадр УП, записанный на перфоленте в коде *ISO-7-bit*.

1. ПУЛЬТ УПРАВЛЕНИЯ

Для задания режимов работы устройства ОПУ 2Р22, ручного ввода данных, редактирования программ, ведения диалога с устройством предназначен пульт управления. Он представляет собой выносной блок, установленный на каретке станка. Схема клавиатуры пульта управления приведена на рис. 86, назначение клавиш пульта — в табл. 15.

Клавиши, действие которых продолжается после их отпускания, имеют световую сигнализацию. Клавиши выбора основных режимов 3, 4, 5, 6, 7 имеют зависимое включение, т. е. одновременно действует только одна из них. Действие остальных клавиш, имеющих световую сигнализацию, отменяется повторным нажатием.

Функции, выполняемые в основном и вспомогательном режимах работы, приведены в табл. 17.

17. Соответствие клавишей пульта выполняемым функциям и устанавливаемым режимам *

Функция	Режим работы	
	основной	вспомогательный
Обработка детали по программе	Автоматический	—
Обработка детали по программе с остановками в конце кадра		Покадровый 
Набор кадров и их отработка, составление программы по образцу.		—
Привязка системы отсчета к станку		Режим «Выход в фиксированную точку станка» 

Функция	Режим работы	
	основной	вспомогательный
Полуавтоматический ввод в память плавающего нуля и вылетов инструмента		Полуавтоматический
	Ручной	
		
Полуавтоматический ввод в память исходного положения		Полуавтоматический ввод исходного положения
		
		
Непосредственный выход в исходное положение УП		Режим «Выход в исходное положение»
		
Ввод программы с пульта управления, индикация и редактирование технологических программ	Ввод	—
Ввод, индикация и редактирование вылетов инструмента, плавающего нуля, исходного положения параметров станка		Режим «Ввод констант»
		
Поиск необходимого номера технологической программы и его индикация		Режим «Поиск кадра»
		
Ввод технологической программы с магнитной ленты		Режим «Внешний носитель — магнитная лента»
		

Функция	Режим работы	
	основной	вспомогательный
Ввод технологической программы с перфоленты		Режим «Внешний носитель — перфолента» 
Вывод программы на магнитную ленту	Вывод 	Режим «Внешний носитель — магнитная лента» 
Вывод программы на перфоленту		Режим «Внешний носитель — перфолента»
Проверка работоспособности устройства по тестам, заложенным в программном обеспечении	Тест 	Режим «Диагностика» 
Ввод тестов с магнитной ленты	Тест	Внешний носитель — магнитная лента 
Ввод тестов с перфоленты		Внешний носитель — перфолента 
Индикация датчиков и состояния обменных сигналов на входных и выходных разъемах устройства		Индикация электроавтоматики станка 
Сброс индикации состояния обменных сигналов		Сброс индикации электроавтоматики станка 

* На эскизах показаны клавиши пульта.

2. ПРИВЯЗКА УСТРОЙСТВА ОПУ К ПАРАМЕТРАМ СТАНКА

Перед началом обработки детали оператор должен выполнить привязки устройства к параметрам станка, системы отсчета к станку, инструмента к системе отсчета и системы отсчета к детали.

Привязку устройства ОПУ осуществляют путем введения в его память параметров станка и проводят в режимах «Ввод» (основном) и «Ввод констант» (вспомогательном).

Для ввода параметров необходимо выполнить следующие операции (см. рис. 86): нажать последовательно клавиши 5 (ввод); 2 (ввод констант), 13 (сброс памяти). N (номер параметра); набрать на клавиатуре 001 (числовое значение номера первого параметра); нажать клавишу P (параметр); набрать на клавиатуре числовое значение параметра, соответствующее его номеру (табл. 18). Номер параметра и его числовое значение высвечиваются на шестой строке экрана БОСИ. Затем необходимо нажать клавишу 20 (ввод данных). После того как номер параметра и его числовое значение введены в память, они стираются с экрана, а на нем высвечивается порядковый номер следующего параметра. Затем, начиная с нажатия клавиши P (параметры), в такой же последовательности вводятся числовые значения остальных параметров (табл. 18).

18. Значения и функциональные назначения постоянных параметров

Номер	Числовое значение	Функциональное назначение
001	—200	Задание фиксированного положения по координате X
002	—200	Задание программного ограничителя по координате $-X$
003	0	То же по координате $+X$
004	0	» » по координате $-Z$
005	1000	» » по координате $+Z$
006	315	Задание максимального числа оборотов шпинделя в первом диапазоне регулируемого привода
007	810	Задание максимального числа оборотов шпинделя во втором диапазоне регулируемого привода
008	2230	Задание максимального числа оборотов шпинделя в третьем диапазоне регулируемого привода
009	0	Задание максимального числа оборотов в четвертом диапазоне регулируемого привода

Номер	Числовое значение	Функциональное назначение
010	12	Задание минимального числа оборотов шпинделя в первом диапазоне регулируемого привода
011	50	Задание минимального числа оборотов шпинделя во втором диапазоне регулируемого привода
012	125	Задание минимального числа оборотов шпинделя в третьем диапазоне регулируемого привода
013	0	Задание минимального числа оборотов шпинделя в четвертом диапазоне
014	10	Задание скорости шпинделя регулируемого привода
015	0/1	Индикация рассогласования (0 — есть рассогласование; 1 — нет индикации рассогласования)
016	1000	Задание максимального числа оборотов шпинделя при постоянной скорости резания
017	100	Задание минимального числа оборотов шпинделя при постоянной скорости резания

Для индикации параметров станка (последовательно вывода их на экран БОСИ) необходимо нажать клавиши 5 (ввод), 2 (ввод констант), *P* (параметр), 9 (сдвиг кадра).

После каждого нажатия клавиши 9 высвечивается очередной параметр. Об окончании количества параметров сигнализирует надпись КР на экране БОСИ.

3. ПРИВЯЗКА СИСТЕМЫ ОТСЧЕТА К СТАНКУ

Привязку системы отсчета к станку производят путем перемещения резцедержателя в фиксированное положение. Привязку осуществляют в основном режиме «Ручное управление» и во вспомогательном режиме «Выход в фиксированное положение станка».

Фиксированное положение (ФП) определяется положением конечных выключателей, смонтированных на суппортной группе станка, и кулачков 1, 2 находящихся в пазах линеек поперечного и продольного перемещений (см. рис. 14, 15). Кулачки 1 служат для подачи команды на предварительное замедление скорости перемещения при подходе к ФП, а кулачки 2 — для подачи команды о достижении ФП. Для выхода резцедержателя в ФП необходимо нажать клавишу 4 (ручное управление). Над клавишей загорится лампочка, на первой

строке БОСИ высветится «Ручное управление». Далее нажать клавишу 16 (фиксированное положение). Над клавишей загорится лампочка, на первой строке БОСИ высветится ФП. Затем необходимо нажать клавишу 17 (пуск). Над ней загорается лампочка. После нажатия клавиши 17 начинается движение по координате X. Направление движения от оси шпинделя к оператору. При достижении положения, определяемого конечными выключателями, движение по координате X прекращается и начинается движение по координате Z в направлении к шпинделю. При достижении положения, определяемого конечными выключателями, движение по координате Z прекращается. Выключается световая сигнализация над клавишей 16, а на экране БОСИ (четвертая и пятая строчки) высвечиваются цифры, которые характеризуют координаты фиксированного положения.

4. ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКИЙ ВВОД ИСХОДНОГО ПОЛОЖЕНИЯ И ВЫХОД ИНСТРУМЕНТА В ЭТО ПОЛОЖЕНИЕ

Для осуществления привязки инструмента к системе отсчета необходимо установить резцедержатель в исходное положение, т. е. наиболее удобное положение для смены инструмента и закрепления заготовки в патрон при обработке каждой конкретной детали.

При смене инструмента в процессе обработки или после ее окончания резцедержатель перемещается в исходное положение.

Резцедержатель устанавливают в исходное положение в режимах «Ручное управление» (основной) и «Полуавтоматический ввод исходного положения» (вспомогательный). Для этого необходимо выполнить следующие операции: нажать клавишу 4, установив режим «Ручное управление», над клавишей загорится светодиод, на первой строке БОСИ высветится фраза «Ручное управление»; нажать клавишу 2, установив вспомогательный режим «Полуавтоматический ввод констант», над клавишей загорится светодиод, на первой строке БОСИ высветится фраза «Ввод констант полуавтоматический»; пользуясь мнеморукоткой и штурвалами, установить резцедержатель в требуемую позицию; нажать клавишу 15 (исходное положение), на шестой строке экрана БОСИ высветятся координаты исходного положения; нажать клавишу 20 (ввод данных). Величины координат

исходного положения стираются с экрана и записываются в память.

Теперь в памяти устройства хранятся координаты исходного положения. Если их необходимо изменить, описанные выше операции повторяют для нового положения резцедержателя. В случае, когда инструмент выведен из исходного положения и его необходимо вернуть обратно, нажимают клавиши 4, 15, 17.

5. ПРИВЯЗКА ИНСТРУМЕНТА К СИСТЕМЕ ОТСЧЕТА

Привязка инструмента к системе отсчета производится последовательно в двух основных режимах работы — «Ввод» и «Ручное управление».

Сначала устанавливают основной режим работы «Ввод», вспомогательный режим «Ввод констант» и вводят плавающий ноль по координате Z . Для этого нажимают клавиши 5 (ввод), 2 (ввод констант), Z и набирают числовое значение плавающего нуля, в нашем случае он равен нулю. Набранная информация высвечивается на шестой строке экрана БОСИ. Затем нажимают клавишу 20 (ввод данных), значение плавающего нуля вводится в память устройства, а информация о нем стирается с экрана БОСИ. После этого в память устройства вводят нулевые значения вылетов инструмента. Для чего нажимают клавиши T , Z (координата Z), набирают числовое значение равное нулю, нажимают клавишу X (координата X) и 0. Набранная информация высвечивается на шестой строке экрана БОСИ. Вводят набранные вылеты инструмента в память устройства, нажимая клавишу 20 (ввод данных). При этом вводимая информация стирается с экрана БОСИ. Таким же образом вводятся вылеты других имеющихся в резцедержателе инструментов.

Чтобы ввести необходимую для точения заготовки частоту вращения шпинделя, нажимают клавишу F (подача), набирают значение рабочей подачи в миллиметрах на оборот. Например, запись $T01\ S3\ 900\ F0,25$ означает размещение инструмента в первой позиции, третий диапазон — вращение шпинделя с частотой 900 об/мин, подачей 0,25 мм/об. После нажатия клавиши 17 (пуск) резцедержатель станка устанавливается в требуемой позиции, происходит запуск вращения шпинделя.

Пользуясь мнеморукояткой и маховичками, протачивают цилиндрическую часть заготовки. Инструмент отводят по координате Z , не изменяя его положения по

координате X . Затем нажимают клавишу 18 (стоп) и останавливают вращение шпинделя.

Измеряют диаметр проточенной части заготовки, нажимают клавишу X (координата X) и набирают числовое значение измеренного диаметра в миллиметрах.

На седьмой строке экрана БОСИ высветится введенная величина. После нажатия клавиши 14 (ввод по образцу) на шестой строке экрана БОСИ высветятся номер инструмента и вычисленное значение вылета инструмента по координате X .

Затем включают вращение шпинделя, нажимая клавишу 17 (пуск) и пользуясь мнеморучкой и маховичками подрезают торец. Инструмент отводят по координате X , не изменяя его положения по координате Z . Для того чтобы остановить вращение шпинделя, нажимают клавишу 18 (стоп).

На клавиатуре набирают текущее значение по координате Z , которое записано на пятой строке экрана БОСИ. Введенная величина высветится на седьмой строке экрана БОСИ. Затем нажимают клавишу 14 (ввод по образцу). На шестой строке к полученной информации добавится значение вылета инструмента по координате Z . Далее нажимают клавишу 20 (ввод данных). Значения вылетов инструмента записываются в память устройства и стираются с экрана БОСИ.

Для того чтобы ввести в память новое значение плавающего нуля, полученное после привязки инструмента, нажимают клавишу 14 (ввод по образцу). На шестой строке экрана БОСИ высветится значение плавающего нуля. Затем нажимают клавишу 20 (ввод данных). В этом случае значение плавающего нуля записывается в память устройства и стирается с экрана БОСИ. Текущее значение по координате Z станет равно 0. На восьмой строке экрана БОСИ высветится значение плавающего нуля.

Для того чтобы установить в рабочую позицию следующий инструмент, нажимают клавишу T и набирают числовое значение новой позиции инструмента (например, $T02$) и нажимают клавишу 17 (пуск).

Резцедержатель перемещается в исходное положение, проходит смена инструмента и запуск вращения шпинделя.

Затем производят привязку следующего инструмента.

6. ПРИВЯЗКА СИСТЕМЫ ОТСЧЕТА К ДЕТАЛИ

Привязку системы отсчета к детали производят в такой последовательности: закрепляют обрабатываемую заготовку, устанавливают режимы работы «Ручное управление» (основной) и «Полуавтоматический ввод констант» (вспомогательный), устанавливают инструмент, привязанный к системе отсчета, в рабочую позицию; задают требуемые значения подачи частоты вращения шпинделя, номера инструмента; пользуясь мнеморучкой и маховичками обтачивают торец заготовки и отводят инструмент по координате X , не изменяя его положения по координате Z ; выключают шпиндель нажатием клавиши 18 (стоп); нажимают клавишу 14 (ввод по образцу), на шестой строке экрана БОСИ высветится величина «плавающего нуля» по координате Z ; нажимают клавишу 20 (ввод данных), величина плавающего нуля вводится в память и стирается с шестой строки экрана; ранее записанная величина «плавающего нуля» заменяется новым его значением.

7. ВВОД УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ В ПАМЯТЬ УСТРОЙСТВА ОПУ 2Р22 И ЕЕ ИНДИКАЦИЯ

Для ввода УП следует нажать клавиши 5 (ввод), 13 (сброс памяти), N (номер кадра) и набрать номер первого кадра программы.

Набор и ввод производится последовательно по кадрам. Набираемая программа высвечивается на экране БОСИ в шестой, седьмой и восьмой строках. Во время набора последнюю фразу можно стереть нажатием клавиши 11 (чистка). Набранный кадр вводится в память нажатием клавиши 5 (ввод) и стирается с экрана БОСИ, где автоматически высвечивается номер следующего кадра и т. д. Если программа закончена, т. е. набран кадр, содержащий слово $M02$, то в правом углу первой строки экрана БОСИ высвечивается $KП$ (конец программы).

Для продолжения работы в ранее прерванном режиме ввода программы необходимо нажать клавиши 5 (ввод), 1 (поиск кадра) и набрать номер последнего кадра ранее введенной программы. Затем нажимают клавишу 9 (сдвиг кадра). На экране БОСИ высветится последний кадр введенной программы. При повторном нажатии клавиши 9 шестая, седьмая и восьмая строки экрана БОСИ стираются, высвечивается следующий номер кадра.

Для индикации введенной в память устройства программы необходимо нажать клавиши 5 (ввод) и 9 (сдвиг кадра). В этом случае первый кадр программы высвечивается на экране БОСИ. Последовательными нажатиями клавиши 9 высвечиваются последующие кадры.

В случае окончания программы при дальнейшем нажатии клавиши 9 индикация вновь начинается с первого кадра.

Для просмотра программы с определенного кадра необходимы действия, аналогичные выполняемым при продолжении ввода программы с определенного кадра. Просмотр программы продолжают нажатием клавиши 9.

8. РЕДАКТИРОВАНИЕ ВВЕДЕННОЙ В ПАМЯТЬ УСТРОЙСТВА ПРОГРАММЫ

При редактировании ранее введенной в память устройства программы можно производить стирание любого кадра, ввод одного или нескольких кадров в любое место программы, исключение любого слова из любого кадра, ввод одного или нескольких слов в любой кадр программы.

Для стирания любого кадра его необходимо найти и вывести на экран БОСИ. Затем нажать клавишу 11 (чистка). Кадр стирается из памяти системы и с экрана БОСИ.

Для ввода одного или нескольких кадров в любое место программы следует найти кадр, после которого осуществляется ввод, и ввести необходимые кадры руководствуясь методом, изложенным в предыдущем разделе.

Чтобы исключить слово из любого кадра программы, следует вывести его на экран БОСИ, затем последовательным нажатием клавиши 10 (сдвиг фразы) найти нужное слово и нажать клавишу 11 (чистка).

Для ввода одного или нескольких слов в любой кадр программы вводят на экран БОСИ слово, после которого необходимо произвести ввод, и выполняют действия набора и ввода нужных слов. Отредактированный кадр контролируют нажатием клавиши 9 (сдвиг кадра).

9. ВВОД ПРОГРАММЫ С ПРОГРАММОНОСИТЕЛЯ

При установившейся номенклатуре деталей, обрабатываемых на станке, для сокращения времени и уменьшения возможности возникновения ошибок целесооб-

разно УП вводить не с клавиатуры пульта, а с магнитной ленты или перфоленты.

Для этого необходимо установить кассету с магнитной лентой в кассетный накопитель или перфоленту в фотосчитывающее устройство, нажать клавишу 5 (ввод). В случае ввода УП с магнитной ленты (МЛ) один раз нажать клавишу 8 (носитель информации) и набрать номер УП, при вводе УП с перфоленты (ПЛ) два раза нажать клавишу 8.

На первой строке экрана БОСИ появится сообщение «Ввод программы МЛ» или «Ввод программы ПЛ». Затем нажать клавишу 17 (пуск). Начнется ввод программы с программоносителя в память устройства ЧПУ.

После окончания ввода УП с перфоленты на первой строке экрана БОСИ высвечивается КП (конец программы), продолжает гореть световая индикация клавиши 5 (ввод), гаснет световая индикация над клавишей 8 (носитель информации). При правильном считывании МЛ горит световая индикация клавиши 5 (ввод), гаснет световая индикация над клавишей 8 (носитель информации), номер программы с экрана БОСИ стирается.

При неправильном вводе на экране БОСИ появляется сообщение оператору, указывающее признак ошибки.

В режиме «Ввод» действует клавиша 18 (стоп). После отмены ее действия режим ввода программы необходимо повторить.

10. РЕЖИМ «ВЫВОД»

В режиме «Вывод» осуществляют запись отработанной программы, находящейся в памяти УЧПУ, на программоноситель.

Для вывода программы необходимо установить кассету с магнитной лентой в кассетный накопитель или перфоленту в перфоратор, нажать клавиши 6 (вывод), 8 (носитель информации) один раз в случае вывода на магнитную ленту (два раза в случае вывода на перфоленту) и задать с клавиатуры пульта управления номер программы.

На первой строке экрана БОСИ появится сообщение «Вывод МЛ» или «Вывод ПЛ». Далее следует нажать клавишу 17 (пуск) для вывода УП на программоноситель.

Если запись программы происходит без сбоев, световая индикация над клавишей 8 (носитель информации) гаснет. При возникновении сбоев в записи на экране БОСИ появляется сообщение оператора с признаком

ошибки, номер программы не стирается и световая индикация над клавишей 8 не гаснет. В этом случае необходимо программу записать заново. При повторной записи на МЛ номер программы необходимо увеличить на единицу.

Заданием нулевого номера программы N0 ранее записанную на магнитную ленту информацию стирают.

В режиме «Вывод» действует клавиша 18 (стоп). После отмены ее действия запись УП необходимо повторить.

11. РЕЖИМ «РУЧНОЕ УПРАВЛЕНИЕ»

В режиме ручного управления оператор имеет возможность обрабатывать деталь при помощи мнеморукоятки или маховичков, набирать и отрабатывать кадры, а также составлять программы по образцу.

Для работы мнеморукояткой или маховичками необходимо установить режим ручного управления, нажав клавишу 4, затем задать выбранную частоту вращения шпинделя и величину подачи и нажать клавишу 17 (пуск). Шпиндель начнет вращаться с заданной частотой.

Движение каретки или суппорта, а также их совместное движение получают, вращая маховички по часовой стрелке или против нее. Связь между направлением вращения маховичков и направлением движения показана на рис. 12.

Координаты текущего положения инструмента по осям X и Z высвечиваются на четвертой и пятой строках БОСИ.

При повороте мнеморукоятки в одно из четырех положений ($\leftarrow Z$, $\rightarrow Z$, $\uparrow X$, $\downarrow X$) суппорт или каретка перемещаются на рабочей подаче. Для получения ускоренного перемещения одновременно с поворотом мнеморукоятки необходимо нажать расположенную на ней кнопку (если кнопку отпустить, ускоренное движение прекратится) (рис. 13).

Чтобы выключить движение, мнеморукоятку устанавливают в нейтральное вертикальное положение.

Для автоматической обработки в ручном режиме запрограммированный кадр набирают на клавиатуре пульта без его номера и нажимают клавишу 17 (пуск).

По окончании отработки кадра информация на экране БОСИ гасится, можно набирать следующий кадр.

Если фраза задана неправильно, а клавиша 17 еще не нажата, то для стирания информации следует нажать клавишу 11 (чистка).

Постоянные циклы L08, L09, L10, L11 в этом режиме не обрабатываются.

Для составления программы по образцу нажимают клавиши 5 (ввод), 13 (сброс) и 4 (ручное управление).

Набор кадра начинается с его номера, который является признаком составления программы по образцу. В первом кадре программируется технологическая информация.

После набора кадра нажимают клавишу 17 (пуск). По окончании отработки кадра информация записывается в память устройства нажатием клавиши 20 (ввод данных).

Затем на экране БОСИ высвечивается следующий номер кадра. Кадр набирают, обрабатывают и записывают в память, нажимая клавиши 17 (пуск) и 20 (ввод данных). Идет постепенная обработка детали с записью в память.

Отдельные кадры могут формироваться при обработке с помощью маховичков и мнеморукоятки. Контроль размеров осуществляется по индикации на четвертой и пятой строках БОСИ. После отработки нажимают клавишу 14 (ввод по образцу). При этом на экране БОСИ, начиная с шестой строки, высвечиваются координаты режущей кромки инструмента. Ввод в память осуществляется после нажатия клавиши 20 (ввод данных).

В тех случаях, когда при отработке кадра полученные размеры необходимо доработать, это выполняют с помощью маховичков или мнеморукоятки. Перед записью информации в память введенные ранее в кадр числовые значения по координатам X и Z необходимо сперва стереть нажатием на клавиши 11 (чистка), а затем 14 (ввод по образцу). Полученные числовые значения по координатам X и Z высветятся на экране БОСИ. Нажатием клавиши 20 (ввод) их записывают в память. Последний кадр должен содержать команду M02. После его отработки осуществляется выход в исходное положение.

12. АВТОМАТИЧЕСКИЙ РЕЖИМ

Отработку программ с первого и заданного кадров, а также покадровую отработку выполняют в автоматическом режиме.

Для автоматической отработки программы с первого кадра необходимо нажать клавиши 3 (автомат), 12 (начало программы) и 17 (пуск). В процессе отработки УП на второй строке экрана БОСИ высвечивается номер

отрабатываемого кадра. Если в программе есть кадры с циклами *L08*, *L09*, то до отработки конечного прохода высвечивается только тот номер кадра, в котором записан цикл *L08* или *L09*.

При отработке конечного прохода циклов *L08* и *L09* последовательно высвечиваются номера кадров описания контура детали. В тех случаях, когда отработку необходимо остановить, нажимают клавиши *18* (стоп), а для дальнейшего продолжения отработки — клавишу *17* (пуск).

Если после нажатия клавиши *18* требуется отмена автоматического режима, нажимают клавишу нужного режима.

Для предварительного опробования программы необходимо отработать ее кадр за кадром, начиная с кадра *N001*. Для покадровой отработки нажимают клавиши *3* (автомат), *12* (начало программы), *1* (останов по концу кадра), *17* (пуск). После окончания выполнения кадра для отработки следующего кадра необходимо вновь нажать клавишу *17* и нажимать ее после отработки каждого очередного кадра, пока не будет отработана вся УП.

Повторное (двойное) нажатие клавиши *1* (останов по концу кадра) отменяет покадровую отработку. Для отработки программы в автоматическом режиме с любого кадра, кроме первого, необходимо в ручном режиме «Ввод» ввести величины *S*, *T*, *F* (если они не содержатся в данном кадре) и включить станок, нажимая клавишу *17*. При этом произойдет перемещение резцедержателя в исходное положение и запуск вращения шпинделя. Затем следует найти требуемый кадр, нажав последовательно клавиши *5* (ввод), *1* (поиск кадра), *N 9* (сдвиг кадра), перейти в режим «Автомат», нажав клавишу *3* (автомат), включить станок в работу клавишей *17*. Если кадр, с которого необходимо начать отработку УП содержит геометрическую информацию, заданную вращениях (адреса *U*, *W*), то перед поиском кадра необходимо с помощью мнеморучея (грубо) и маховичков (точно) выставить инструмент в точку, с которой должна начаться отработка данного кадра.

В процессе автоматической отработки программы подачу можно корректировать. Величину коррекции задают в процентах. Для этого в режиме «Автомат» необходимо нажать клавишу *F* (подача) и числовое значение в процентах, например, *F 150 %*. Для отмены коррекции подачи необходимо нажать клавиши *F* (подача) и *12* (коррекция).

Для назначения режима остановки программы по команде M01 необходимо в режиме «Автомат» набрать M0 1 %. Для отмены этого режима необходимо набрать M %.

Если в процессе обработки программы переключатель на станке установить в положение «Стоп подачи», то перемещение рабочего органа прекратится; если его установить в положение «Стоп шпинделя», то вращение шпинделя также прекратится. При возвращении переключателя в исходное положение возобновляются вращение шпинделя, а затем подача.

13. РЕЖИМ «ТЕСТ» И АВТОМАТИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА

В математическом обеспечении устройства 2P22 заложена возможность проверки его работоспособности в режиме «Тест».

При нажатии клавиш 7 (тест) и 12 (начало программы) на экране высветится «Тест диагностика УЧПУ 2P22 ПО 00036-01» и начнется проверка устройства по тесту, заложенному в память устройства. После первого прохождения теста автоматически начинается его повторение. Число повторений высвечивается на экране БОСИ. Если тестирование проходит нормально и в устройстве не обнаружено неисправностей, нажатием клавиши 11 (чистка) дальнейшее тестирование прекращается и устанавливается режим «Ручное управление».

В случае обнаружения неисправностей на экране БОСИ высвечивается наименование неисправности. Для продолжения проверки нажимают клавишу 9 (сдвиг кадра). Если других неисправностей нет, устанавливается «Ручной режим», при наличии новой неисправности высветится ее наименование. Последовательное нажатие на клавишу 9 (сдвиг кадра) позволяет выявить все неисправности. Признаком их выявления является переход устройства в режим «Ручное управление». Все установленные неисправности для дальнейшей эксплуатации станка должны быть устранены.

При обнаружении искажений в памяти на экране высвечивается «ТП ввести» (технологическую программу ввести), «К ввести» (константы ввести) или «Р ввести» (параметры ввести).

Диагностику основных блоков устройства проводят и при включении устройства в работу в течение первых 4—5 с. На экране БОСИ высвечивается «Диагностика

УЧПУ 2Р22 ПО 00036-01». Если неисправности в устройстве отсутствуют, устанавливается режим «Ручное управление». В случае обнаружения неисправностей необходимо выполнить действие, указанное выше.

Если при включении устройства в нижней части экрана блока БОСИ высвечивается «173000», то необходимо открыть приборный блок и установить переключатель режима работы ЭВМ «Электроника 60М» в положение «Программа» и вновь включить устройство.

Необходимые проверочные тесты можно вводить в память устройства с магнитной ленты или перфоленты. Для этого кассету с тестами устанавливают в кассетный накопитель (перфоленту в фотосчитывающее устройство) и нажимают клавишу 7 (тест). Для ввода теста с магнитной ленты необходимо один раз нажать клавишу 8 (носитель информации), задать номер тест-программы и нажать клавишу 17 (пуск). Для ввода теста с перфоленты клавишу 8 (носитель информации) необходимо нажать дважды и затем нажать клавишу 17. При правильном вводе на экране БОСИ высветится число «17712», в случае неправильного — на экране БОСИ высветится наименование неисправности.

Для выхода из программного режима нажимают клавишу 18 (стоп). На нижней строке экрана БОСИ высветится символ «звездочка».

В процессе подготовки станка к работе и в течение всего процесса обработки детали в УЧПУ устройством диагностики ведется автоматический контроль правильности его функционирования.

Сигнализация ошибки производится высвечиванием на экране БОСИ символа «?» и признака ошибки.

Признаки наиболее часто встречающихся ошибок и способы их устранения приведены в табл. 19.

19. Признаки ошибок и способы их устранения

Признак ошибки	Вероятная причина	Способ устранения
? СБОЙ МЛ	Сбой в режиме ввода на магнитную ленту или ввода с нее	Повторить режим
? ЗАЩИТА	Защита записи и стирания на магнитной ленте	Снять защиту или заменить кассету с магнитной лентой

Признак ошибки	Вероятная причина	Способ устранения
? НЕ ГОТОВ	Не готов кассетный накопитель на магнитной ленте	Проверить исправность кассетного накопителя на магнитной ленте
? НЕТ ПРОГР.	Нет программы на магнитной ленте	Правильно задать номер программы
? КОНЦ МЛ	Нет места на магнитной ленте	Сменить магнитную ленту
? ПЛ	Ошибка перфоратора	Повторить режим
? ПРОГ	Нет технологической программы в памяти	Задать программу
? Конец	Нет места в памяти	Исправить программу
? Цикл	Неверно задан номер цикла	Исправить номер цикла
? Е	Подача и быстрый ход заданы в одном кадре	Задать правильно кадр
? ОШ	Ошибка оператора при наборе констант	Исправить ошибку
?	Не задана частота вращения шпинделя в режиме «Ввод»	Задать скорость вращения шпинделя

СТАНКИ ТОКАРНОЙ ГРУППЫ С ОПЕРАТИВНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

7

● Глава

1. НОМЕНКЛАТУРА ТОКАРНЫХ СТАНКОВ С УСТРОЙСТВАМИ ОПУ НЦ-31 И НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЕННЫЕ УСТРОЙСТВА ОПУ

Кроме описанного выше станка 16К20Т1.02 станкостроительная промышленность СССР выпускает различные токарно-винторезные и токарно-револьверные станки, а также станки-автоматы, оснащенные устройством ОПУ НЦ-31. Характеристики наиболее распространенных моделей приведены в табл. 20.

В последние годы получили распространение ОПУ с расширенными возможностями по автоматизации подготовки УП для токарных станков. Например, НЦ-80-31 позволяет разрабатывать и редактировать УП в диалоговом режиме. На экране БОСИ высвечиваются вопросы, касающиеся данных об обрабатываемой детали, с помощью клавиатуры пульта получают необходимые ответы. Программа формируется на ЭВМ.

20. Токарные станки с устройством ОПУ НЦ-31

Наименование и модель станка	Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, мм	Длина обрабатываемой заготовки, мм	Частота вращения шпинделя n , об/мин	Мощность электродвигателя главного движения, кВт	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
Токарно-винторезный 16Б16Т1	520	750	40—2000	7,1	3110×1390× ×1870	7800
Токарно-винторезный 1М63МФ30 (16К30Ф323)	630	1400	6,3—1250	22	5500×2530× ×2150	7850
Токарно-винторезный 1А660Ф3	1250	8000	0,4—2000	110	12 785×2120× ×2090	3800
Токарно-револьверный 1325Ф30	25	320	90—4000	6	2550×1122× ×1700	7000
Автомат продольного точения ЛА155Ф30	16	3000	280—7100	5,5	2500×900× ×1720	1550

Станкостроительные заводы страны поставляют также устройства ОПУ *CNC-α*, *С85* и «Уникон-20». Некоторые из отечественных моделей токарных станков с ЧПУ оснащаются устройствами ОПУ зарубежных фирм, такими как *CNC-Альфа-2* фирмы «Бош» (ФРГ), «Фанук 3ТD» (Япония), *CNC 3450* фирмы «Филипс» (Голландия).

2. ТОКАРНЫЙ СТАНОК С ОПУ МОДЕЛИ 16А20Ф3

Для токарной обработки деталей типа тел вращения в замкнутом полуавтоматическом цикле применяют станок модели 16А20Ф3. Станок может оснащаться устройствами ОПУ 2Р22 или «Электроника НЦ-31» в различных исполнениях с регулируемыми двигателями постоянного тока для главного движения и движения подачи или

асинхронными двигателями с частотным регулированием.

Программа перемещений инструмента, управление главным приводом и вспомогательные команды могут вводиться в память системы управления с клавиатуры пульта управления, магнитной кассеты или перфоленты, а также корректироваться с пульта управления с визуализацией на экране дисплея (2Р22) или на панели цифровой индикации («Электроника НЦ-31»). В моделях 16А20Ф3 панель управления расположена не на каретке, а на специальной стойке.

3. ТОКАРНЫЙ ПАТРОННЫЙ ПОЛУАВТОМАТ МОДЕЛИ 1П756ДФ321 С ОПУ

Для обработки деталей в патроне со ступенчатым и криволинейным профилями в условиях мелкосерийного и серийного производства применяют токарный полуавтомат модели 1П756ДФ321. На нем можно выполнять наружное точение, растачивание, сверление, нарезание резьбы по УП. Станок оснащен устройством ОПУ «Электроника НЦ-31». Его модификации могут поставляться с другими устройствами ОПУ, например станок 1П756Ф301 — с СНС-Альфа-2, 1П756ДФ311 — с НЦ-80-31.

Достигаемая шероховатость поверхностей $Rz = 2,5 \text{ мкм}$ (ГОСТ 2789—73).

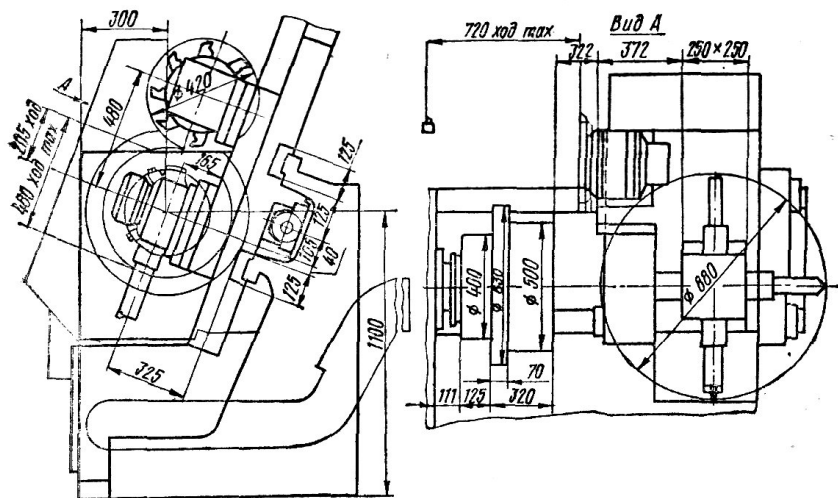
Полуавтомат может применяться в комплексе с роботами, в составе автоматических участков, линий и ГПС.

Компоновка полуавтомата с расположением направляющих станины в наклонной плоскости обеспечивает свободный сход и удаление стружки из зоны обработки, а также свободный доступ к обрабатываемой детали. Применение накладных стальных закаленных направляющих продольного и поперечного ходов в сочетании с опорами качения и антифрикционными накладками гарантирует длительное сохранение точности полуавтомата.

Привод главного движения состоит из шпиндельной бабки и двигателя постоянного тока. Шпиндельный узел имеет жесткую конструкцию и высокую виброустойчивость. Приводы продольной и поперечной подач выполнены с применением высокомоментных электродвигателей, что позволяет обрабатывать детали на интенсивных режимах резания.

Смена инструмента осуществляется автоматически с помощью двух инструментальных головок — восьмипо-

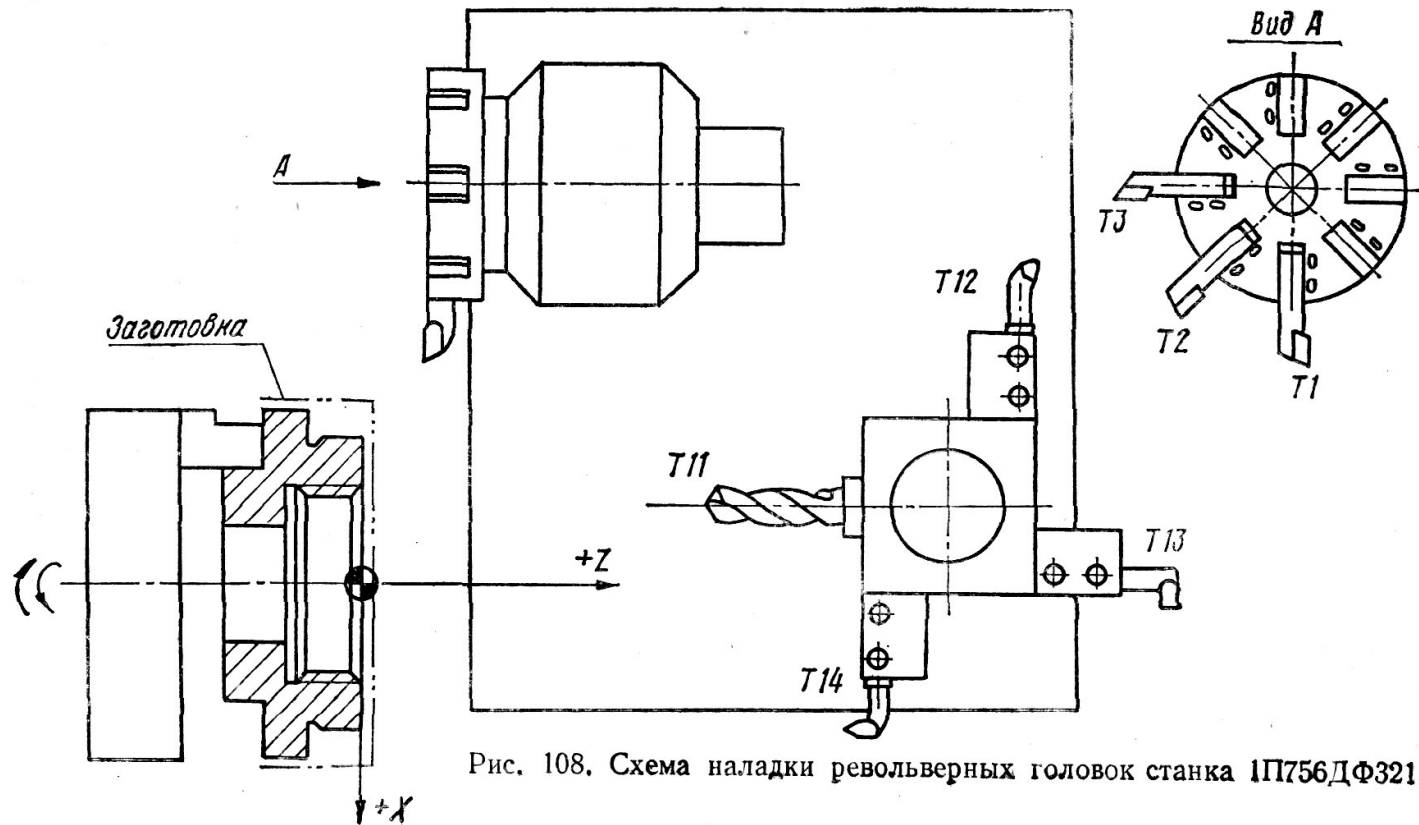
Схема наладки инструментальных головок для обработки детали «фланец» показана на рис. 108.



Подвод охлаждения в зону резания производится через инструментальные блоки. Стружка удаляется транспортером, выдвигаемым на заднюю сторону полуавтомата.

Техническая характеристика токарного патронного полуавтомата 1П756ДФ321 приведена ниже:

Наибольший диаметр устанавливаемого изделия над станиной, мм	630
Наибольшая длина обрабатываемого изделия, мм	320
Наибольший диаметр прутка, проходящего через отверстие в шпинделе, мм	80
Количество инструментов, одновременно устанавливаемых на станок, шт.	12—16
Число управляемых осей координат, всего	2
одновременно	2
Частота вращения шпинделя (бесступенчатое регулирование внутри ступеней), об/мин	8—100
1 ступень	



II ступень	31,5—400
III ступень	125—1600
Количество ступеней переборной части	3
Наибольший шаг нарезаемой резьбы, мм	39,999
Дискретность отсчета по осям координат, мм:	
X	0,005
Z	0,01
Мощность привода главного движения, кВт	30
Габаритные размеры станка с системой ЧПУ и электрошкафами, мм . .	3200×2740×2600
Масса, кг:	
станка	8000
станка с системой ЧПУ и выносным оборудованием . . .	9000

4. МНОГОЦЕЛЕВОЙ ТОКАРНЫЙ ЧЕТЫРЕХШПИНДЕЛЬНЫЙ СТАНОК МОДЕЛИ 12A90П-4КФ30 (ОБРАБАТЫВАЮЩИЙ ЦЕНТР) с ОПУ

Для обработки деталей типа тел вращения из штучных заготовок в условиях среднесерийного и крупносерийного производства предназначен токарный станок 12A90П-4КФ30 с ОПУ.

Обрабатываемые заготовки закрепляются в зажимных патронах, которые установлены на четырех рабочих шпинделях, вращающихся в прецизионных подшипниковых опорах шпиндельного барабана. Барабан периодически поворачивается на 90 или 180°, в результате чего каждый шпиндель с зажатой в нем заготовкой проходит последовательно четыре позиции. В трех позициях заготовка обрабатывается, а в четвертой — загрузочной (или в двух при повороте шпиндельного барабана на 180°), — обработанная деталь снимается, и устанавливается новая заготовка.

В двух позициях обработки производятся все виды токарных работ на наружных и внутренних поверхностях деталей. Нижнее расположение и просторное рабочее пространство способствуют свободному сходу больших объемов стружки. Каждый из рабочих шпинделей имеет независимый привод вращения, что позволяет для каждого перехода выбирать оптимальные режимы резания, обеспечивающие минимальное время или высокую степень чистоты обработки.

В третьей позиции производятся доводочные сверлильные и фрезерные операции, такие как сверление,

зенкерование и развертывание группы отверстий, расположенных параллельно оси рабочего шпинделя, но не соосно с ним (например крепежных отверстий во фланце и группы отверстий, перпендикулярных к оси шпинделя). При переходе в процессе обработки от одного отверстия к другому шпиндель по заданной программе поворачивается на необходимый угол и затормаживается. Кроме этого, в указанных отверстиях метчиком может нарезаться резьба.

В этой же позиции возможно фрезерование лысок, шлицевых и шпоночных пазов.

Независимая обработка детали в каждой из трех позиций обеспечивается наличием в каждой из них автономного двухкоординатного суппорта, управляемого отдельным устройством программного управления. На каждом суппорте устанавливается инструментальная револьверная головка с набором режущих инструментов. Доводочные работы выполняются вращающимися шпинделями инструментальных головок. Всего в трех револьверных головках можно установить до 20 различных инструментов.

Суппорты перемещаются при помощи прецизионных шарико-винтовых передач от тиристорных следящерегулирующих приводов подачи с обратной связью, что в сочетании с жесткой конструкцией суппортов и станка в целом обеспечивает высокую точность обработки деталей.

Для управления движениями суппортов позиционирования шпинделя применяют устройство ОПУ НЦ-31. УП обработки деталей и положений режущих инструментов вводятся и корректируются непосредственно у станка.

Благодаря использованию принципа совмещения операций производительность станка 12А90П-4КФ30 в 1,5—3 раза выше производительности одношпиндельных станков с ЧПУ. Возможность выполнения на станке доводочных сверлильных и фрезерных операций позволяет в ряде случаев обрабатывать деталь полностью без передачи ее на сверлильный и фрезерный станки.

Характерной особенностью этого станка является возможность ориентации остова шпинделя в определенном положении, что осуществляется в УП по команде M19. Например, если на детали после токарной обработки нужно профрезеровать лыску, то в соответствующем месте УП записывают M19, а затем в функции T — номер работающего инструмента (позицию инструментальной

головки) и рабочий цикл. Для радиального сверления (зенкерования, развертывания) применяется цикл G72, аналогичный циклу G73.

Техническая характеристика станка приведена ниже:

Количество рабочих шпинделей, шт.	4
Наибольший диаметр трехкулачкового зажимного патрона, мм . . .	250
Наибольший диаметр заготовки, мм	250
Наибольшие размеры обработки мм:	
длина обточки	230
длина расточки	180
диаметр расточки	250
диаметр нарезаемой резьбы	250
шаг нарезаемой резьбы	40
диаметр сверления в третьей позиции	17
глубина сверления осевым, не соосным шпинделю, инструментом	100
глубина сверления радиальным инструментом	75
Наибольший диаметр концевой фрезы, мм	20
Частота вращения рабочих шпинделей во второй и первой позициях, об/мин	50—1600
Диаметр шейки шпинделя в передней опоре, мм	120
Количество независимых крестовых суппортов, шт.	3
Количество инструментальных револьверных головок, шт.	3
Мощность главного привода в первой и во второй позициях, кВт	2×26
Количество управляемых координат, шт.	7
Габаритные размеры, мм	4300×2420×2000
Площадь, занимаемая станком, гидростанцией и электрошкафами, м ²	25
Масса без электрооборудования и гидростанции, кг	12 000

5. СТАНКИ МОДЕЛЕЙ 1П420ПФ20 И 1П420ПФ40 С УСТРОЙСТВОМ ОПУ НЦ-80-31

Токарно-револьверные одношпиндельные патронно-прутковые полуавтоматы с ЧПУ моделей 1П420ПФ30 и 1П420ПФ40 предназначены для разнообразных токарных и доводочных сверлильно-фрезерных работ, выполняемых в серийном и мелкосерийном производствах.

На жесткой станине с наклонными направляющими станка установлен револьверный двухкоординатный суппорт, который перемещается посредством шариковых винтовых пар. Шпиндель смонтирован на высокоточных радиально-упорных подшипниках в жестком корпусе. Главный привод шпинделя — от двигателя постоянного тока мощностью 30 кВт через поликлиновую передачу. Натяжение ремня изменяется гидроцилиндром в зависимости от условий резания.

Заготовки устанавливают в трехкулачковом патроне с полым штоком, зажим-разжим осуществляется гидроцилиндром и контролируется конечным выключателем. Токарную обработку деталей выполняют инструментом с позиционированием, линейной и круговой интерполяцией по осям X и Z .

Револьверная головка, установленная на суппорте, имеет двенадцать позиций для инструмента, из которых шесть могут оснащаться вращающимся инструментом. Поворот и фиксация револьверной головки производится гидромеханизмами, смонтированными в корпусе. Фиксация головки на плоские зубчатые колеса обеспечивает высокую точность и жесткость. Вращающиеся инструменты в револьверной головке и механизм позиционирования шпинделя позволяют кроме полной токарной обработки выполнять доводочные сверлильные и фрезерные операции на торце и периферии детали, такие как сверление, зенкерование, нарезание резьбы метчиком, фрезерование пазов, лысок, криволинейных поверхностей, спиральных пазов и др.

Для доводочных сверлильно-фрезерных работ на шпинделе предусмотрен механизм углового позиционирования с приводом от двигателя постоянного тока.

Сверлильная и фрезерная обработка лысок, плоскостей, прямолинейных пазов обеспечивается специальными циклами, осуществляемыми устройством ЧПУ.

Повышенная мощность главного привода в совокупности с возможностью программирования усилия натяжения ремня позволяет производить черновую и чистовую обработку детали с большими скоростями резания при высокой точности и необходимом качестве обработанной поверхности.

С помощью устройства ОПУ НЦ-80-31 класса CNC с микропроцессором и дисплеем программируют и корректируют УП непосредственно у станка в процессе их отработки. Использование станочного пульта управления и устройства ЧПУ в режиме «Обучение» значитель-

но упрощает формирование УП при обработке первой детали. Диагностика сбоев и неисправностей станка в устройстве ЧПУ улучшает условия обслуживания станка.

Технические характеристики станков 1П420ПФ20 и 1П420ПФ40 (в скобках) приведены ниже:

Наибольший диаметр обрабатываемого изделия над станиной, мм	350	(450)
Наибольший диаметр обрабатываемого прутка, мм	50	(50)
Наибольшая длина обрабатываемого изделия, мм	130	(125)
Наибольшее перемещение револьверного суппорта, мм:		
продольное	630	(630)
поперечное	265	(265)
Частота вращения шпинделя, об/мин	20—4000	(25—2500)
Подача револьверного суппорта, мм/мин		
продольная . . .	3—6000	(5—2000)
поперечная . . .	2—3000	(5—2000)
Мощность электродвигателя главного движения, кВт	22	(30)
Габаритные размеры, мм	3150×1864× ×2305	(3150×2262× ×5700)
Масса, кг	4000	(5700)

6. РОБОТИЗИРОВАННЫЕ ТОКАРНЫЕ КОМПЛЕКСЫ

На базе станков 16К20Ф3С32 с устройством ОПУ 2Р22 выпускаются РТК 16К20Ф3Р132(РТК-1) и 16К20Ф3Р232 (РТК-2). Комплексы предназначены для обработки деталей типа тел вращения из штучных заготовок с зажимом в механизированном патроне и при необходимости поджимом центром задней бабки в автоматическом цикле с ограниченным участием обслуживающего персонала.

Кроме станка в состав РТК входят промышленный робот (ПР) и тактовый стол (ТС).

Для РТК-1 поставляется промышленный робот модели М10П.62.01 пристраиваемого типа с грузоподъемностью до 10 кгс, работающий в сферической системе координат (6 степеней подвижности), управляемый устройством ЧПУ модели «Контур 1.03». При установке

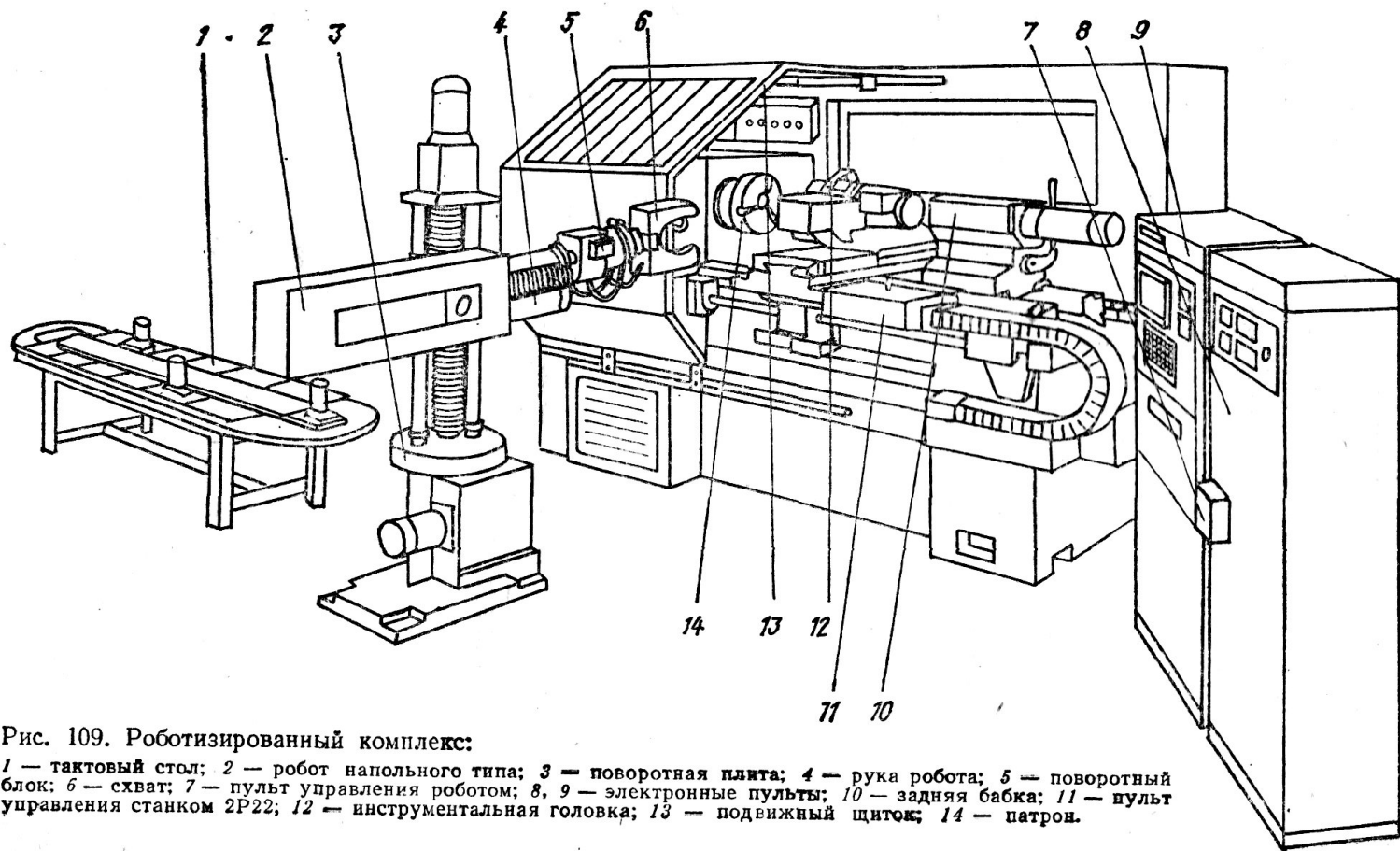


Рис. 109. Роботизированный комплекс:

1 — тактовый стол; 2 — робот напольного типа; 3 — поворотная плита; 4 — рука робота; 5 — поворотный блок; 6 — схват; 7 — пульт управления роботом; 8, 9 — электронные пульта; 10 — задняя бабка; 11 — пульт управления станком 2Р22; 12 — инструментальная головка; 13 — подвижный щиток; 14 — патрон.

детали в патрон предусмотрено поступательное движение самой каретки ПР параллельно оси шпинделя. Перемещение обрабатываемой детали осуществляется путем поворота робота в вертикальной плоскости, перпендикулярной к оси шпинделя. Для РТК-2 поставляется промышленный робот модели М20П.40.01 напольного типа, работающий в полярной цилиндрической системе координат (5 степеней подвижности) и управляемый устройством ЧПУ модели «Контур 1.01» (рис. 109).

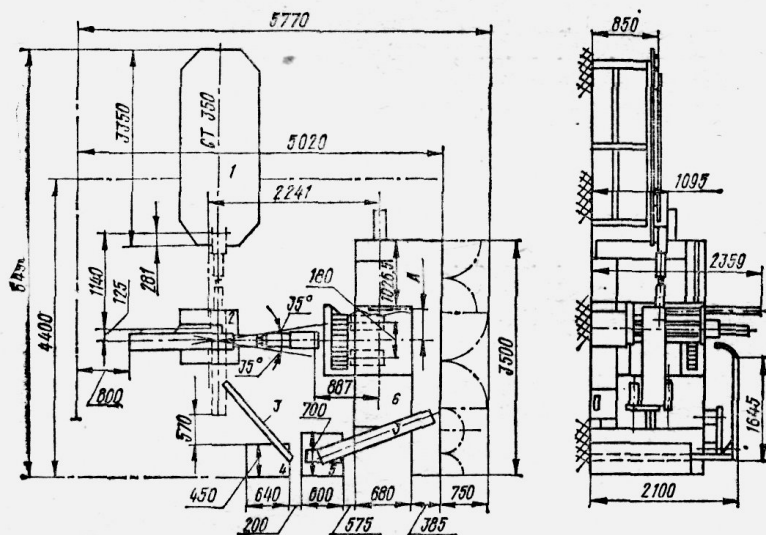


Рис. 110. Планировка РТК 16К20Ф3Р232:

1 — тактовый стол; 2 — робот напольного типа; 3 — коммуникации;
4, 5 — пульты; 6 — токарный станок.

ПР обеспечивает вертикальное (вверх и вниз) перемещение каретки в пределах 500 мм, ее поворот в горизонтальной плоскости до 300°, горизонтальное перемещение штока, а также угловой поворот поворотного блока до 180°. Схват робота имеет возможность регулирования углового положения относительно поворотного блока в горизонтальной плоскости. На рис. 110 приведена планировка РТК 16К20Ф3Р232. Станки оснащаются регулируемыми приводами главного движения и подачи автоматической резцовой головкой модели УГ9321 с возможностью закрепления 6 или 10 стандартных полно-размерных инструментов.

Технические характеристики РТК 16К20Ф3Р132 и 16К20Ф3Р232 (в скобках) приведены ниже:

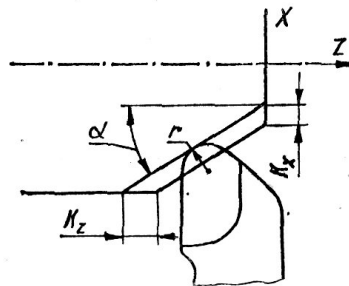
Модель ПР	М10П.62.01	(М20П.40.01)
Система ЧПУ ПР	«Контур 1.03»	(«Контур 1.01»)

Диаметр устанавливаемых изделий, мм	20—150	(50—250)
Наибольшая длина изделий, мм:		
типа вал	500	
типа фланец	150	
Грузоподъемность, кг:		
суммарная	10	(20)
одного схвата	5	(10)
Число рук	1	
Количество схватов	2	
Количество программируемых координат робота	6	(5)
Объем памяти системы робота, точек	649	
Погрешность позиционирования, мм	$\pm 0,5$	($\pm 1,0$)
Габаритные размеры, мм	6100×3800× ×1900	(6500×5800× ×2400)
Масса, кг	4110	(4570)

Вместе с РТК поставляются два типа схватов. Одновременно на роботе устанавливается один схват. Управление ПР осуществляется от системы управления «Контур-1» позиционного типа. Одновременно управляется движение по одной оси.

Обучение ПР производится нажатием соответствующих клавиш на пульте обучения. После обучения перемещение робота происходит автоматически в соответствии с заданной (или вызванной из памяти системы) УП, записанной в блоке памяти системы в процессе обучения. Информация сохраняется в течение 96 ч после отключения питания. Система «Контур-1» обеспечивает также выполнение ряда вспомогательных операций (разжима-зажима патрона, подвода-отвода пиноли задней бабки, управления функциями работы станка и управления тактовым столом).

1. Величины коррекции на координаты переломных точек при переходе от цилиндрической или торцевой поверхности к конической в зависимости от угла наклона конуса α и радиуса закругления вершины резца r



Коррекция по оси X, мм											
r / α°	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	
5,0	0,017	0,03	0,050	0,067	0,084	0,100	0,117	0,134	0,151	0,167	85
10,0	0,032	0,064	0,097	0,129	0,161	0,198	0,225	0,257	0,290	0,322	80
15,0	0,047	0,098	0,140	0,186	0,233	0,279	0,326	0,372	0,419	0,465	75
20,0	0,060	0,120	0,180	0,240	0,300	0,360	0,420	0,480	0,540	0,600	70
25,0	0,073	0,145	0,218	0,290	0,363	0,436	0,508	0,581	0,658	0,726	65
30,0	0,085	0,168	0,254	0,338	0,423	0,507	0,592	0,676	0,761	0,845	60
35,0	0,096	0,192	0,288	0,384	0,479	0,575	0,671	0,767	0,863	0,958	55
40,0	0,107	0,213	0,320	0,427	0,534	0,64	0,747	0,854	0,961	1,067	50
45,0	0,117	0,234	0,351	0,469	0,586	0,703	0,820	0,937	1,054	1,172	45
50,0	0,127	0,254	0,382	0,509	0,636	0,76	0,890	1,018	1,145	1,272	40
55,0	0,137	0,274	0,411	0,548	0,685	0,822	0,959	1,096	1,232	1,369	35
60,0	0,146	0,298	0,439	0,586	0,732	0,878	1,025	1,171	1,318	1,464	30
65,0	0,156	0,311	0,467	0,623	0,778	0,984	1,090	1,245	1,401	1,557	25
70,0	0,165	0,329	0,494	0,659	0,824	0,988	1,158	1,318	1,483	1,647	20
75,0	0,174	0,347	0,521	0,694	0,868	1,042	1,216	1,389	1,563	1,737	15
80,0	0,182	0,365	0,548	0,780	0,913	1,095	1,278	1,460	1,643	1,826	10
85,0	0,191	0,383	0,574	0,765	0,956	1,148	1,339	1,580	1,721	1,918	5
	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	α° / r

Коррекция по оси Z, мм

2. Назначение основных оперативных параметров станков с ОПУ

Номер параметра	Назначение
0	Определение номера зоны архива памяти
2	Задание величины быстрого хода по оси X в автоматическом режиме
8	Задание величины быстрого хода по оси Z в автоматическом режиме
4	Задание величины быстрого хода по оси X в ручном режиме
5	Задание величины быстрого хода по оси Z в ручном режиме
6	Задание угла врезания при резьбонарезании (цикл G31)

Номер параметра	Назначение
7	Задание величины сбег резьбы
8	Задание величины зазора ω в цикле G73
10	Задание величины прохода до прерывания стружки при стружкодроблении
11	Задание величины отвода инструмента β при стружкодроблении

8. Значения символов адресов, используемых при программировании для ОПУ 2P22

Символ	Значение
A	Припуск под чистовую обработку
B	Повторение кадра
C	Сбег резьбы, фаска под углом 45°
D	Выдержка времени
E	Подача на ускоренном ходу
F	Подача или шаг резьбы
G	Подготовительная функция
H	Число повторений
L	Автоматический постоянный цикл
M	Вспомогательная функция
N	Номер кадра
P	Глубина резания или ширина резца
S	Частота вращения шпинделя или скорость резания
T	Позиция инструмента
X, Z	Перемещения по осям X, Z в абсолютных значениях
U, W	Перемещения по осям X _B , Z в приращениях

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грачев Л. Н., Косовский В. Л. Конструкция и наладка станков с программным управлением и роботизированных комплексов.— М. : Высш. шк., 1986.— 288 с.
2. Гусев Н. Т. Устройство числового программного управления.— М. : Высш. шк., 1986.— 296 с.
3. Дерябин А. Л. Программирование технологических процессов для станков с ЧПУ.— М. : Машиностроение, 1984.— 224 с.
4. Денежный П. М., Стискин Г. М., Тхор И. Е. Токарное дело.— М. : Высш. шк., 1979.— 199 с.
5. Зайцев Б. Г., Рыцев С. Б. Справочник молодого токаря.— М. : Высш. шк., 1988.— 355 с.
6. Капель Н. А. Обучение программированию на токарно-винторезных станках с оперативным программным управлением на базе мини-ЭВМ «Электроника НЦ-31».— М. : Высш. шк., 1983.— 40 с.
7. Кузнецов Ю. И., Маслов А. Р., Байков А. Н. Оснастка для станков с ЧПУ: Справочник.— М. : Машиностроение, 1983.— 259 с.
8. Локтева С. Е. Станки с программным управлением и промышленные роботы.— М. : Машиностроение, 1986.— 320 с.
9. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания на работы, выполняемые на металлорежущих станках с программным управлением.— М. : НИИ труда, 1980.— 209 с.
10. Панов Ф. С., Травин А. И. Работа на станках с числовым программным управлением.— Л. : Лениздат, 1984.— 278 с.
11. Справочник технолога-машиностроителя / Под ред. Косиловой А. Г. и Мещерякова Р. К.— М. : Машиностроение, 1985.— Том I.— 656 с., Том II.— 196 с.
12. Фещенко В. Н., Махмутов Р. Х. Токарная обработка.— М. : Высш. шк., 1984.— 288 с.

	Стр.
Предисловие	3
Глава 1. Общие сведения о токарных станках с устройствами оперативного программного управления	4
1. Основные понятия о работе токарных станков с ОПУ	4
2. Преимущества оперативного программного управления	6
3. Токарные станки с ОПУ 16К20Т1.02 и гаммы 16К20Ф3 (16К20Ф3С32, 16К20РФ3С32)	7
4. Органы управления станками 16К20Т1.02 и 16К20Ф3	13
Глава 2. Технологические основы обработки деталей на токар- ных станках с ОПУ	19
1. Требования к технологичности деталей	19
2. Разработка УП и технологической документации	19
3. Способы закрепления заготовок	21
4. Резцы	22
5. Эквидистанта контура и система координат	25
6. Расчет скорости движения рабочего органа	28
7. Особенности токарной обработки	29
8. Типовые циклограммы вершины резца	31
9. Особенности выбора режимов резания	34
10. Особенности обработки отверстий	37
11. Особенности нарезания резьбы	37
12. Пути повышения производительности труда и обеспе- чения стружколомания	41
Глава 3. Разработка УП для обработки тел вращения на токар- ном станке 16К20Т1.02 с ОПУ НЦ-31	43
1. Кодирование управляющих программ	43
2. Устройство ОПУ «Электроника НЦ-31»	46
3. Программирование скорости главного движения и по- дачи	52
4. Программирование одноинструментальной обработки	54
5. Однопроходный автоматический цикл продольной об- работки G70	58
6. Однопроходный автоматический цикл поперечной об- работки G71	60
7. Многопроходный автоматический цикл продольной об- работки G77	62
8. Многопроходный автоматический цикл поперечной об- работки G78	65
9. Программирование обработки конических поверх- ностей	68
10. Программирование снятия фасок под углом 45°	69

11. Программирование обработки сферических поверхностей	70
12. Многопроходный автоматический цикл протачивания торцевых канавок G74	72
13. Многопроходный автоматический цикл протачивания канавок на цилиндрической поверхности G75	74
14. Автоматический цикл глубокого сверления G73	76
15. Задание смещения нуля G92	78
16. Безусловный переход P	80
17. Повторение части программы G25	83
18. Программирование нарезания резьб G31, G32, G33	85
19. Комплексный пример разработки УП для обработки деталей типа вал на станках с ОПУ	91
Глава 4. Работы на станке 16K20T1.02 с ОПУ НЦ-31	101
1. Последовательность наладки	101
2. Ввод оперативных параметров станка	102
3. Привязка инструмента к системе отсчета	103
4. Работа на станке с ручным управлением	104
5. Ввод и отработка управляющих программ	107
6. Обработка несколькими инструментами	108
7. Организация архива управляющих программ и диагностики	108
Глава 5. Разработка управляющих программ к станкам 16K20ФС32 с ОПУ 2P22	111
1. Устройство ОПУ 2P22	111
2. Принципы кодирования и порядок построения кадра	113
3. Программирование частоты вращения шпинделя, подачи и позиции инструмента	117
4. Программирование линейных перемещений	118
5. Программирование обработки конических поверхностей и снятия фасок под углом 45°	121
6. Программирование обработки по дуге окружности	121
7. Цикл нарезания резьбы L01	124
8. Цикл протачивания канавок L02	127
9. Циклы наружного и внутреннего точения по схеме «петля» L03, L04	128
10. Цикл торцевой обработки по схеме «петля» L05	132
11. Цикл глубокого сверления L06	133
12. Цикл нарезания резьбы метчиком или плашкой L07	133
13. Циклы многопроходной обработки L08, L09	133
14. Цикл чистовой обработки по контуру с заданного номера кадра L10	133
15. Цикл повторения части программы L11	133
16. Разработка УП для обработки деталей на станке 16K20ФС32 с ОПУ 2P22	133
17. Составление УП для ввода с перфоленты	133
Глава 6. Работа на станках 16K20Ф3 с ОПУ 2P22	14
1. Пульт управления	14
2. Привязка устройства ОПУ к параметрам станка	14
3. Привязка системы отсчета к станку	14
4. Полуавтоматический ввод исходного положения и выход инструмента в это положение	14
5. Привязка инструмента к системе отсчета	14
6. Привязка системы отсчета к детали	14

7. Ввод управляющей программы в память устройства ОПУ 2Р22 и ее индикация	150
8. Редактирование введенной в память устройства программы	151
9. Ввод программы с программноносителя	151
10. Режим «Вывод»	152
11. Режим «Ручное управление»	153
12. Автоматический режим	154
13. Режим «Тест» и автоматическая диагностика	156
Глава 7. Станки токарной группы с оперативным управлением	158
1. Номенклатура токарных станков с устройствами ОПУ НЦ-31 и наиболее распространенные устройства ОПУ	158
2. Токарный станок с ОПУ модели 16А20Ф3	159
3. Токарный патронный полуавтомат модели 1П756ДФ321 с ОПУ	160
4. Многоцелевой токарный четырехшпиндельный станок модели 12А90П-4КФ30 (обрабатывающий центр) с ОПУ	163
5. Станки моделей 1П420ПФ20 и 1П420ПФ40 с устройством ОПУ НЦ-80-31	165
6. Роботизированные токарные комплексы	167
Приложения	171
Список литературы	173

Производственное издание

Стискин Григорий Моисеевич,
Гаевский Владимир Дмитриевич

ТОКАРНЫЕ СТАНКИ С ОПЕРАТИВНЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Редактор *Е. Н. Деркач*
Оформление художника *Л. А. Дикарева*
Художественный редактор *И. В. Рублева*
Технический редактор *Н. А. Бондарчук*
Корректор *Т. Г. Герасименко*

ИБ № 3802

Сдано в набор 03.02.89 Подписано в печать 07.07.89. БФ 01624. Формат 84×108¹/₃₂. Бумага типографская № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 9,24 Усл. кр.-отт. 9,56. Уч.-изд. л. 10,23. Тираж 12 000. экз. Зак 9—529 Цена 50 к

Издательство «Техника» 252601, Киев, 1, ул. Крещатик, 5.

Отпечатано с матриц Головного предприятия республиканского производственного объединения «Полиграфкнига» 252057, Киев, ул. Довженко, 3 Нестеровской городской типографии, г. Нестеров, Львовской обл., ул. Горького, 8. Зак. № 3318.